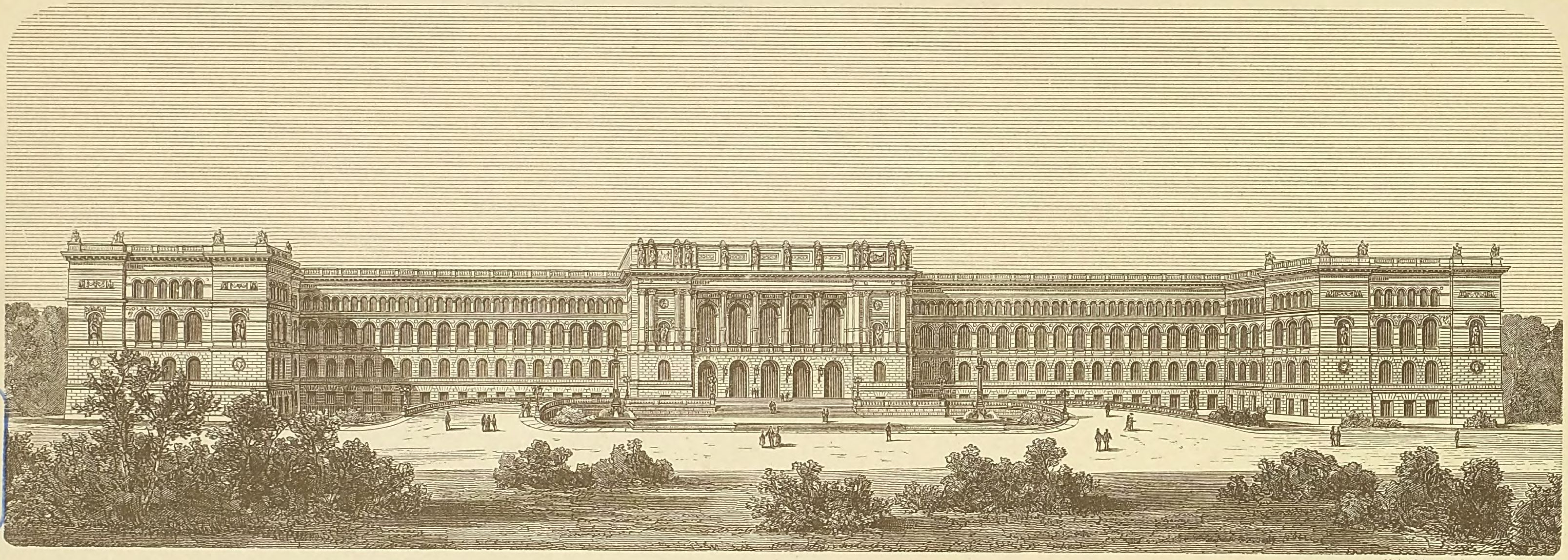
ift
schen
ale
n

Techn. 2° 5 10 Festschrift

428 D

Bayerische
Staatsbibliothek
München

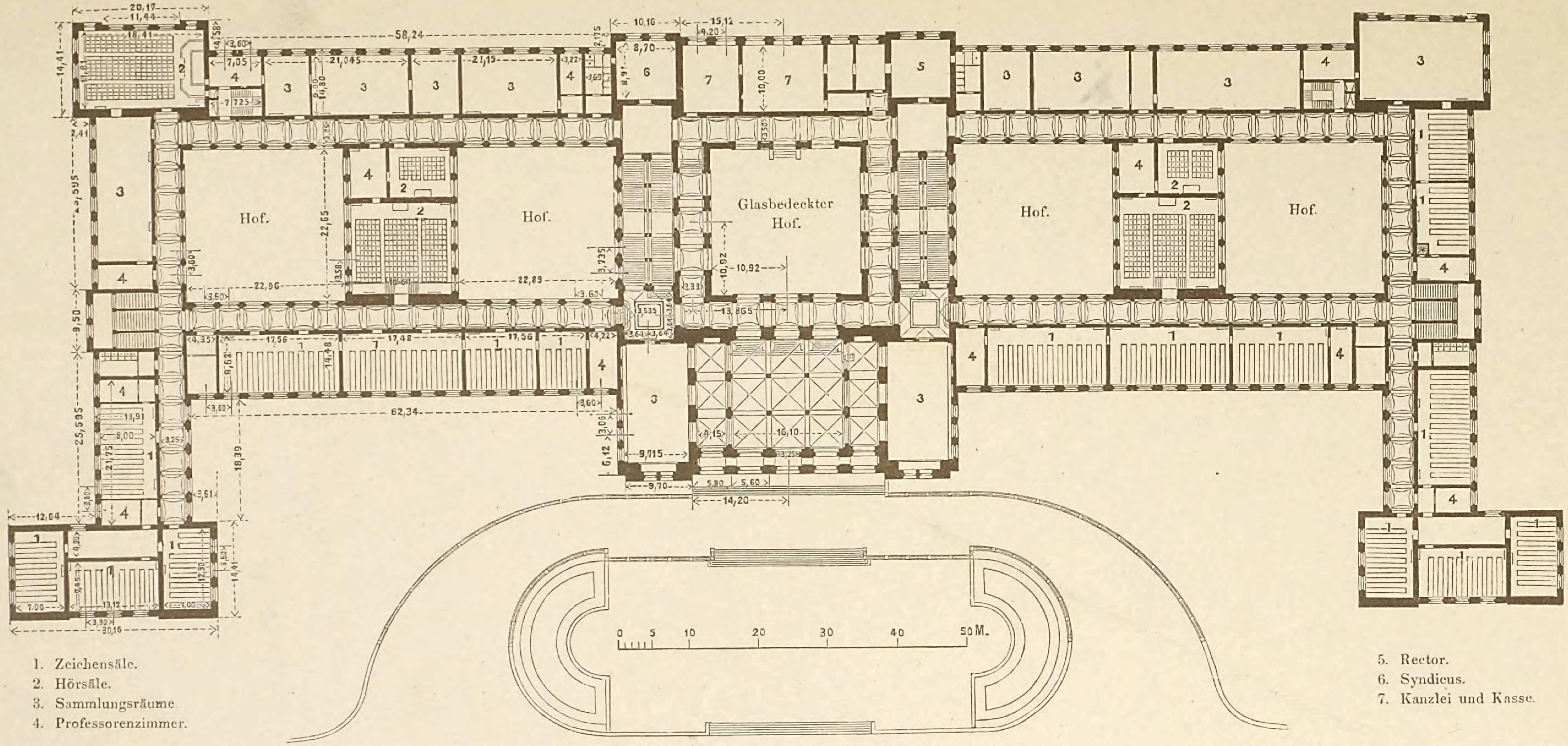


Holzstich von O. Ebel, Berlin.

KÖNIGLICHE TECHNISCHE HOCHSCHULE ZU BERLIN

AUF DEM HIPPODROM (CHARLOTTENBURG).

HAUPTGEBÄUDE.



1. Zeichensäle.
2. Hörsäle.
3. Sammlungsräume.
4. Professorenzimmer.

5. Rector.
6. Syndicus.
7. Kanzlei und Kasse.

KÖNIGLICHE TECHNISCHE HOCHSCHULE ZU BERLIN

AUF DEM HIPPODROM (CHARLOTTENBURG)

HAUPTGEBÄUDE.

GRUNDRISS DES ERDGESCHOSSES.

FESTSCHRIFT

DER

KÖNIGLICHEN TECHNISCHEN HOCHSCHULE

ZU

BERLIN

ZUR FEIER DER EINWEIHUNG IHRES NEUEN GEBÄUDES

AM 2. NOVEMBER 1884.

BERLIN 1884

GEDRUCKT IN DER REICHSDRUCKEREI

BIBLIOTHECA
REGIA
MONACENSIS

INHALTS-VERZEICHNISS.

VORWORT.

I. CHRONIK.

Seite

DOBBERT: Bau-Akademie, Gewerbe-Akademie und Technische Hochschule zu Berlin . I—VIIC

II. ABHANDLUNGEN.

WEINGARTEN: Über die Theorie der aufeinander abwickelbaren Oberflächen 1
VOGEL: Über die Photographie farbiger Gegenstände in den richtigen Tonverhältnissen (hierzu eine Tafel) 45
H. WEBER: Zur Theorie der Modular-Gleichungen 59
LESSING: Die kunstgewerblichen Alterthümer im Beuth-Schinkel-Museum zu Berlin (hierzu eine Tafel) 71
WINKLER: Über die Belastungs-Gleichwerthe der Brückenträger (hierzu zwei Tafeln) . 83
FINK: Zur Theorie der Gaskraftmaschinen 103
E. DIETRICH: Die Gewinnung der Baumaterialien für die Steinstrassen . . 141
ADLER: Der Ursprung des Backsteinbaues in den baltischen Ländern . . 177
HAUCK: Mein perspectivischer Apparat (hierzu zwei Tafeln) 213
HAVESTADT: Über das Verhalten der Tidewelle in Flussmündungen und Meeresbuchten . 233
A. DIETRICH: Einiges über die Konstruktion von Kreuzerschiffen (hierzu eine Tafel) . 243
JACOBSTHAL: Araceenformen in der Flora des Ornaments (hierzu zwei Tafeln) 273
WEEREN: Beiträge zur Kenntniss der Constitution des Eisens 305

VORWORT.

Indem die Technische Hochschule von der neuen Heimstätte Besitz ergreift, welche ihr durch die Fürsorge der Königlichen Staatsregierung und die Munificenz der Landesvertretung bereitet worden ist, gewinnt sie die Möglichkeit, der ihr gestellten hohen Aufgabe in lehrender, forschender und gestaltender Beziehung in dem Maasse gerecht zu werden, wie es die praktischen Bedürfnisse des Vaterlandes und die idealen Ziele der Wissenschaft erheischen und wie es ihrer eigenen Herzensneigung und Arbeitsfreudigkeit entspricht.

Zur Feier dieses für die Entwickelung der Technischen Hochschule so hochbedeutsamen Ereignisses wünschte der Senat eine Festschrift zu veröffentlichen, welche ein Bild von dem in der Hochschule waltenden wissenschaftlichen Leben und der in ihr concentrirten geistigen Arbeitskraft geben sollte, — eine Festgabe, welche Zeugniss ablegen möchte von den freudigen Gefühlen der Dankbarkeit gegen die hohe Staatsregierung und von dem ernsten Bewusstsein der Pflichten, welche das der Hochschule in so hohem Maasse entgegengebrachte Vertrauen derselben auferlegt. Dank der wohlwollenden Verwendung Seiner Excellenz des Herrn Unterrichtsministers hat dieser Wunsch seine Erfüllung finden können.

Was zunächst die Aufgabe der Hochschule als Lehranstalt belangt, so lässt sich deren Stellung in dem Gesammtorganismus des staatlichen Unterrichtswesens nur im Lichte des geschichtlichen Entwickelungsganges der Anstalten, aus denen sie herausgewachsen, beurtheilen. Demgemäss erzählt im ersten Abschnitte der Schrift der Chronist an der Hand des (freilich oft lückenhaften) Actenmaterials, in streng objectiver Weise, wie alles geworden ist.

Die Bedeutung der Technischen Hochschule beruht jedoch nicht blos in ihrer lehrenden Thätigkeit. Sie hat auch einen forschenden und schaffenden Beruf. Sie soll eine Centralstelle für die Pflege der technischen Wissenschaften und Künste sein.

In raschem Gange haben sich die technischen Wissenschaften aus Aggregaten überlieferter Kenntnisse und empirischer Regeln zu der Höhe von wissenschaftlichen Systemen entwickelt. Sie stehen heute ebenbürtig neben den übrigen Wissenschaften, in gewissem Sinne eine Mittelstellung zwischen den Naturwissenschaften und Geisteswissenschaften einnehmend. Die ihnen zukommende Eigenthümlichkeit, dass neben der analytischen Form der Untersuchung die schöpferische Synthese in besonders hervorragender Weise bei ihnen zur Geltung gelangt und für Ziel und Richtung der Forschung bestimmend ist, bewirkt, dass sie in Beziehung auf ihren Stoff einer rascher fortschreitenden Wandlung unterworfen sind, als andere Wissenschaften. Hierin, sowie in den nahen Beziehungen der Technik zu den Bedürfnissen des praktischen Lebens liegt eine gewisse Gefahr, nämlich die Gefahr, dass der Utilitarismus die idealen Forderungen der Wissenschaft bei Seite drängt und die zeitweilige Führung übernimmt. Die Wissenschaft sinkt dann zum Handwerk herab und wird die dienende Magd des materiellen Nutzens.

Hiergegen schützende Wache zu halten, die Würde der Kunst und die Einheit der Wissenschaft zu schirmen, ohne die innige Verbindung mit dem praktischen Leben und seinen Bedürfnissen aus den Augen zu lassen: das ist die hohe Aufgabe der Technischen Hochschule. Dabei hat sie mit der Industrie und ihren Bestrebungen beständig Fühlung zu halten. Das überreiche Material, das ihr von dieser geboten wird, hat sie zu sichten und zu prüfen, das Brauchbare an richtiger Stelle dem wissenschaftlichen System einzuordnen, die Beziehungen des neu Hinzugetragenen zu bereits Vorhandenem aufzudecken, daraus neue Anregungen abzuleiten und so das empfangene Gut in geläuterter Form und mit reichen Zinsen zurückzuerstatten.

Um die Art und Weise zur Anschauung zu bringen, wie unsere Hochschule dieser Aufgabe gerecht zu werden bestrebt ist, enthält der zweite Theil der Schrift eine Reihe von wissenschaftlichen

Abhandlungen aus den Lehrgebieten der fünf Fachabtheilungen. Es sind nicht Arbeiten, die in specieller Absicht auf die Festschrift verfasst wurden. Es ward vielmehr zusammengetragen, was gerade fertig oder vorbereitet auf dem Arbeitstische lag. Freilich ein buntes Gemisch von Stoffen, aber eben in dieser Buntheit am besten geeignet, ein Bild davon zu geben, wie wir, in der Theilung der Arbeit den Zusammenhang mit dem Ganzen beständig im Auge, uns mühen, den Sieg des Gedankens über die widerstrebende Materie zu erkämpfen, — das Urtheil durch ernste historisch-ästhetische Kritik zu läutern, und so die Nützlichkeit mit der Wahrheit und Schönheit zu verschwistern.

Als Stätte solcher forschenden und gestaltenden Thätigkeit ist uns in hochherzigster Weise ein Haus bereitet, ausgerüstet mit reich ausgestatteten Arbeitsräumen, Laboratorien, Werkstätten, Versuchsanstalten, Ateliers und Sammlungsinstituten. Voll froher Hoffnungen, mit neuem Thatendrang und frischer Unternehmungslust ergreifen wir von denselben Besitz. Möge reiche Frucht der Erkenntniss und schöpferischen That daraus hervorgehen, zu Nutz und Segen, zu Ruhm und Ehre dem geliebten Vaterlande!

Berlin, im October 1884.

Rector und Senat.

Guido Hauck.



DAS HAUPTGEBÄUDE DER KÖNIGLICHEN TECHNISCHEN HOCHSCHULE ZU BERLIN.

MITTELBAU.



DAS CHEMISCHE LABORATORIUM DER KÖNIGLICHEN TECHNISCHEN HOCHSCHULE ZU BERLIN.

I. CHRONIK.

BIBLIOTHECA REGIA MONACENSIS

Bau-Akademie, Gewerbe-Akademie und Technische Hochschule zu Berlin.

Historische Skizze von E. Dobbert.

Mit dem ehrenvollen Auftrage betraut, für gegenwärtige Festschrift eine Übersicht der Geschichte der Königlichen Technischen Hochschule zu Berlin und der beiden Anstalten, aus deren Vereinigung sie hervorgegangen, zu liefern, entschloss ich mich, die Geschichte der Bau-Akademie, besonders in ihren Anfängen, weil über dieselbe bisher im Zusammenhange nichts veröffentlicht worden, soweit das Quellenmaterial und die Kürze der für die Arbeit zur Verfügung stehenden Zeit es gestatteten, ausführlicher zu behandeln, über die Geschichte der Gewerbe-Akademie aber, unter Hinweis auf die gelegentlich der Feier des fünfzigjährigen Bestehens der Anstalt im Jahre 1871 vom Geheimen Ober-Baurath Nottebohm veröffentlichte Chronik der Königlichen Gewerbe-Akademie, einen kürzeren Überblick zu geben. Da die wichtigeren Ereignisse an der Technischen Hochschule vom 1. Juli 1881 an sich im Anhang der gedruckten Programme regelmässig verzeichnet finden, glaubte ich auch diesen Zeitraum nur kurz berühren zu sollen.

Gelegentliche biographische Angaben und Charakteristiken sind nur von bereits verstorbenen Zugehörigen der drei Anstalten gegeben worden.

Die Namen der gegenwärtig an der Hochschule Wirkenden sind, wo sie zum ersten Mal erwähnt werden, mit einem Sternchen versehen.

I. Die Bau-Akademie.

1. Ihre Entstehung. 1799.

Die Pflege der Architektur war bei der Begründung der Berliner Akademie der Künste als eine der drei Hauptaufgaben derselben ins Auge gefasst. Laut der, unter dem 20. März 1699 vom Kurfürsten Friedrich III. vollzogenen Stiftungsurkunde war der Akademie neben dem allgemeinen Ziele »der mehreren Etablirung und desto nützlicheren Fortpflanzung aller Künste und Wissenschaften in den Kurbrandenburgischen Staaten« die besondere Aufgabe gestellt: zur Aufnahme der Maler-, Bildhauer- und Architektur-Kunst mitzuwirken. Demgemäss finden wir auch im Unterrichtsprogramm neben den auf Malerei und Sculptur bezüglichen Fächern der Architektur erwähnt. Was speciell diesen letzteren Unterricht betrifft, so wurde »in dem Collegio über die Civilbaukunst zuerst der allgemeine Begriff der Wissenschaft entwickelt, ihre Eintheilung vorgetragen und sodann die Litteratur der Baukunst abgehandelt. Darauf folgte die Lehre von der zweckmässigen Einrichtung der Gebäude mit Hinsicht auf die Eigenthümlichkeiten des Landes und des Klimas. Sodann wurde die Lehre von der Construction der Gebäude in Hinsicht auf Dauer und Solidität, theils im Allgemeinen, theils nach den besonderen Bedürfnissen des Locale vorgetragen. Dann folgte die Lehre von der Decoration der Gebäude, wobei auch ein architektonischer Schriftsteller (z. B. VIGNOLA) erklärt und nebst der Litteratur dieses Abschnittes der Architektur auch noch die besondere Ornamenten-Lehre abgehandelt wurde.«[1] Wie für die besten Arbeiten in der Malerei und Bildhauerei, so wurden auch für diejenigen in der Baukunst Prämien vertheilt.

Dass die nahen Beziehungen der Akademie zum Baufache auch in der Folgezeit fortbestanden, ersieht man u. A. daraus, dass im Jahre 1770 Friedrich der Grosse »zum Vortheil der mathematischen Wissenschaften und zur Verbindung des Schönen mit dem Nützlichen die Akademie der Künste mit dem in demselben Jahre gestifteten Ober-Baudepartement gelegentlich vereinigt wissen wollte und darüber die geprüften Vorschläge dieses Collegiums erwartete.«[2] Das Gutachten des Ober-Baudepartements fiel freilich verneinend aus und somit wurde die

[1] S. den Auszug aus dem Conferenz-Protocoll vom 8. April 1706 bei LEVEZOW, Geschichte der Königlichen Akademie der bildenden Künste und mechanischen Wissenschaften zu Berlin. 1808. S. 14.

[2] LEVEZOW a. a. O. S. 20.

geplante Verbindung nicht ins Werk gesetzt, allein schon der Gedanke einer solchen dürfte für das Interesse bezeichnend sein, welches an höchster Stelle der Baukunst gewidmet wurde.

Am 24. Juni 1773 wurde eine Verfügung zur Regelung des Bauconducteur-Wesens erlassen. Dieselbe verlangte von allen, die eine Bauconducteurstelle zu erlangen wünschten, die Erlernung der zur Baukunst nothwendigen Wissenschaften als: »Alles, was von Feld- und Landmessern gefordert wird (Rechenkunst, theoretische Geometrie, Planimetrie, Lehre vom Wasserwägen, Zeichnen, Handschrift, Übung im schriftlichen Vortrage), ferner Mechanik, Hydrostatik, Hydraulik, Aërometrie, Civil- und Wasserbaukunst.« Um aber denjenigen, die sich diesem Berufe widmen wollten, die Möglichkeit zu geben, sich die erforderlichen Kenntnisse anzueignen, ward festgesetzt, dass die HH. Gerhard und Holsche, Mitglieder des Ober-Baudepartements, »und welche hiesige Gelehrte sonst noch Zeit und Lust hätten«, die betreffenden Vorlesungen ankündigen sollten. Gerhard übernahm nun den Unterricht in der Physik, Mineralogie und Chemie, Holsche die theoretische und angewandte Mathematik, die praktische Geometrie, Markscheidekunst, die Civilbaukunst, die Hüttenkunde und die Anfertigung von Bauanschlägen.[1]

Als die im letzten Lebensjahre Friedrich's des Grossen durch den zum Curator ernannten Minister von Heinitz in Angriff genommene Reorganisation der Akademie der Künste unter König Friedrich Wilhelm II. ins Leben trat, war, wie das Reglement vom Jahre 1790 lehrt, der Architektur auch wieder Spielraum gewährt. Im §. 11 heisst es: »Da die Werke der Baukunst vorzüglich den Geschmack der Nation bestimmen, so sollen auch der jedesmalige Director des Bauwesens in Unseren Residenzen und einer der Oberhofbauräthe, welcher den öffentlichen Unterricht in der Architektur ertheilet, im akademischen Senat als Mitglieder desselben Sitz und Stimme haben, und sollen von den jährlich aufzuführenden Gebäuden diejenigen Zeichnungen und Modelle, welche der Chef des Oberhofbauamtes für gut finden wird, der Akademie vorzulegen, in den Versammlungen derselben genau geprüft und beurtheilt und hiervon vorzüglich Veranlassung genommen werden, über die wahren und einfachen Grundsätze des Schönen seine Ideen sich mitzutheilen, und über die besten Mittel zur Verbreitung des guten Geschmacks sich gemeinschaftlich zu berathschlagen. Auch sollen in diesen Sitzungen die Fortschritte der Eleven in der Baukunst gemeinschaftlich untersucht und Uns die fähigsten davon zur Unterstützung, um auf Reisen zu gehen

[1] S. Ludwig: »Von der 'architektonischen Lehranstalt' bis zum Polytechnikum«, in der Wochenschrift: »der Bär«, VIII. Jahrgang, 1881, S. 11, 12.

und an den vorzüglichsten Werken der Alten und Neuern selbst die Kunst zu studiren, in Vorschlag gebracht werden.«

Was den architektonischen Unterricht an der Kunst-Akademie selbst betrifft, so stand derselbe seit 1790 unter der Direction des Oberhofbauraths Becherer.

In dieser »Architektonischen Lehranstalt bei der Akademie der Künste« wurden Vorlesungen über die Construction und Veranschlagung der Stadtgebäude, über Geschichte und den guten Geschmack in der Baukunst gehalten und ward Unterricht im architektonischen Zeichnen ertheilt. Im Jahre 1798 wirkten an diesem Institut ausser dem Director Becherer, der zugleich als erster Lehrer fungirte, der Professor und zweite Lehrer Gentz, der Bau-Inspector Meinecke als dritter Lehrer und der Zeichner Roesel.[1]

War so die Architektur besonders nach ihrer ästhetischen Seite in der Kunst-Akademie vertreten, so stellte es sich doch bald aufs Neue heraus, dass für einen auch nach der technischen Seite hin vollkommen befriedigenden Unterricht Veranstaltungen zu treffen waren, welche über den Rahmen einer Kunst-Akademie hinausgehen. Treffend sprach sich nach dieser Richtung der Architekt Christian Genelli in einer am Anfang des Jahres 1799 dem Freiherrn von Heinitz überreichten Denkschrift aus, welche in dem folgenden Jahre unter dem Titel »Idee einer Akademie der bildenden Künste« im Druck erschien. Hier heisst es: »Die Architektur selbst kann in der Akademie nur als schöne bildende Kunst Eingang finden, und diese schliesst darum jeden Zweig jener ausgebreiteten Kunstdisciplin aus ihrem Kreise aus, der nicht diesen Charakter hat. Die Maschinen- und Mühlen-, die Wasser-, die Festungs-, die Schiffsbaukunst bleiben demnach von ihr entfernt, und nur die Civil- oder die eigentliche schöne Baukunst nimmt sie als Schwester in ihre Gesellschaft auf.

Dass derartige private Vorlesungen, wie die oben erwähnten nur ein schwacher Nothbehelf waren, liegt auf der Hand. Man versuchte es aber doch noch einmal mit einer ähnlichen Abhülfe. Es vereinigten sich vier Mitglieder des Ober-Baudepartements, welche in den Wintermonaten über nachstehende Gegenstände Vorlesungen hielten: der Geheime Ober-Baurath Gilly über den Schleusen-, Brücken- und Hafenbau und über Construction der Gebäude; der Geheime Ober-Baurath Mencelius über ökonomische Baukunst; der Geheime Ober-Baurath Eytelwein über Statik, Hydrostatik, Hydraulik, Maschinenlehre, Deich- und Strombaukunst, und der Ober-Baudepartements-Assessor

[1] Erlass des Curatoriums der Akademie der Künste vom 16. December 1798, (in Abschrift) im Archiv der Technischen Hochschule.

Zitelmann über Arithmetik, Geometrie, Trigonometrie und Feldmesskunst. Ausserdem ertheilte der Ober-Hofbauinspector Gilly jun. Unterricht im architektonischen Zeichnen. Dieses Unternehmen erwies sich aber doch nicht als ausreichend, dem Bildungsbedürfniss angehender Baukünstler »für die Königlichen Provinzen« abzuhelfen, weil wegen Abhaltung durch andere Geschäfte und mancherlei Schwierigkeiten die Mitglieder dieser Anstalt sehr oft gezwungen waren, ihre Vorlesungen einzustellen.

So liess denn das Ober-Baudepartement durch die Geheimen Räthe Riedel, Gilly und Eytelwein den Plan einer Lehranstalt ausarbeiten, welche die Bildung von Baukünstlern zum Zweck hatte und legte denselben am 15. Februar 1798 dem Königlichen Generaldirectorium zur Beurtheilung vor. Auf diesen Entwurf bezieht sich eine Cabinets-Ordre vom 15. December 1798, in der es heisst:

> »Mein lieber Staatsminister Freiherr von Schroetter! Eure Klagen über den durchgehends stattfindenden Mangel guter Baubedienten sind sehr gegründet, und die Abhelfung dieses Mangels ist von dem grössten Gewicht. Ihr habt daher mit Recht die Ursache desselben aufgesucht, und ich pflichte Euren Urtheilen darüber vollkommen bey. Daher habe ich auch, was den schlechten Zustand der Baubedienten und der übrigen Cameralsubalternen in Ansehung ihrer Besoldung betrifft, der Finanz-Commission aufgegeben, auf Mittel zu dessen Verbesserung zu denken, und dabey Euren Vorschlag in nähere Erwägung zu ziehen. Noch wichtiger als dies ist aber die Veranstaltung eines Instituts nach Eurem Vorschlage, worin theoretischer und praktischer Unterricht in der Ökonomie und Baukunst ertheilt werde. Ich glaube es wohl, dass die bey der Akademie der Künste befindliche Lehranstalt, da sie den Prachtbau zum Hauptgegenstand hat, in ihrer jetzigen Gestalt dazu nicht geschickt ist, darum aber kann Ich mich nicht gleich zu einer eigenen ganz neuen Anstalt entschliessen. Die Fundamente der Pracht- und Ökonomie-Baukunst sind dieselben, und da diese schon in der Lehranstalt der Akademie gelehrt werden, so bedarf es dazu nicht neuer Lehrer mit neuen Gehälten; sondern es wird nur darauf ankommen, einige neue Lehrstellen für die Ökonomie und Landbau dabey zu errichten, die dazu erforderlichen Instrumente, Modelle etc. anzuschaffen, solchergestalt die schon bestehende Anstalt zu erweitern und einen zweckmässigen Plan für den Unterricht zu machen. Hierüber habt Ihr Euch mit dem Etatsminister Freiherrn von Heinitz, welcher schon damit beschäftigt ist, die Art und Weise, wie beide Institute mit einander verbunden werden können, zu

untersuchen, zu vereinigen und gemeinschaftlich mit demselben fernere Vorschläge zu thun, die aus der von Euch geäusserten Besorgniss, dass die zum Bau eines neuen Hauses für diese Anstalt ausgemittelte bequeme Stelle Euch entgehen möchte, nicht übereilet werden dürfen, weil das erforderliche Emplacement allenfalls durch Aufsetzung einer zweiten Etage auf der halben Fronte des Akademiegebäudes geschafft und also auch das Geld für einen anzukaufenden Platz erspart werden kann.«[1]

Der Staatsminister Freiherr von Heinitz, der bei der Reorganisation der Kunst-Akademie, wie schon früher (1765) bei der Stiftung der Berg-Akademie zu Freiberg, sein bedeutendes organisatorisches Talent an den Tag gelegt hatte, als Curator der Akademie der Künste, und der Minister von Schroetter, als Chef des Ober-Baudepartements, schenkten der Angelegenheit warmes Interesse. Es wurde eine Commission aus Mitgliedern des Ober-Baudepartements (Riedel, Gilly und Eytelwein), des Ober-Hofbauamts und der Akademie der Künste (Geheimer Finanzrath Boumann, Kriegsrath Langhans, Ober-Hofbaurath Becherer, Hofbaurath Hirt, Rector und Hofbildhauer Schadow, Architekt Genelli) unter dem Vorsitz des Kanzlers und Geheimraths von Hoffmann gebildet und mit der Prüfung des Planes betraut. Hier wurde derselbe noch einmal überarbeitet und am 14. Februar 1799 ein vollständiger Entwurf zur Errichtung einer Bau-Akademie überreicht. Bei diesem neuen Plan wurde angenommen, dass die bereits bei der Akademie der Künste bestehende Lehranstalt erweitert, in eine allgemeine Bau-Unterrichtsanstalt unter dem Namen einer Bau-Akademie verwandelt werde und mit der Akademie der Künste und mechanischen Wissenschaften in Verbindung bleibe. Auch räumlich sollte diese Verbindung fortbestehen, indem für die in Aussicht genommene Bauschule der Ausbau des Marstallgebäudes und die Errichtung eines zweiten Stockwerks auf diesem Flügel geplant war.

Nachdem dieser Entwurf noch einige Abänderungen erfahren, genehmigte der König am 18. März die Gründung der Bau-Akademie und am 13. April die ihm von den oben genannten Ministern unter dem 30. März eingereichten »Grundsätze« zur Einrichtung derselben. So kann denn entweder der 18. März oder der 13. April 1799 als der Stiftungstag der Bau-Akademie angesehen werden.[2]

[1] Abschrift der Cabinets-Ordre im Archiv der Technischen Hochschule in dem Hefte: Acta Generalia, wegen Etablirung der Königlichen Bau-Akademie und des damit verbundenen Directorii.

[2] S. Eytelwein, Nachricht von der Errichtung der Königlichen Bau-Akademie zu Berlin, in der Sammlung von Aufsätzen und Nachrichten, die Baukunst betreffend. Jahrg. 1799, Band II, S. 28 ff., der den 13. April als Stiftungstag betrachtet.

Suchen wir zunächst an der Hand der Acten[1] uns eine Vorstellung von dem Wesen der Bau-Akademie bei ihrer Begründung zu machen.

Wie wir bereits oben sahen, blieb ein gewisser Zusammenhang zwischen der neuen Anstalt und der Kunst-Akademie bestehen. So lesen wir denn: »Weil der Unterricht in der Baukunst in Verbindung mit dem Unterricht auf der Akademie der Künste stehet, so ist die Bau-Akademie ein zugehöriger Theil von der Akademie der Künste und stehet unter dem gemeinschaftlichen Curatorio des jedesmaligen Chefs der Kunst-Akademie und des Ober-Baudepartements.«

Der Zweck der neuen Anstalt ist »die theoretische und praktische Bildung tüchtiger Feldmesser, Land- und Wasser-Baumeister, auch Bau-Handwerker, vorzüglich für die Königlichen Staaten, wobei jedoch, in so fern es ohne Nachtheil der Einländer geschehen kann, auch Ausländer zugelassen werden können«.

Zur Erreichung dieses Zieles ist in nachstehenden Wissenschaften und Künsten »in den vorgeschriebenen Grenzen«[2] Unterricht zu ertheilen: 1. Arithmetik, 2. Algebra, 3. Geometrie, 4. Optik und 5. Perspective, 6. Feldmesskunst und Nivelliren, verbunden mit Übungen auf dem Felde, 7. Statik fester Körper, 8. Hydrostatik, 9. Mechanik fester Körper, 10. Hydraulik, 11. Maschinen-Lehre, 12. Bau-Physik, 13. Construction der einzelnen Theile eines Gebäudes nebst der Lehre von den besonderen Arbeiten der Bauhandwerker, verbunden mit praktischem Unterricht auf den Baustellen, 14. Ökonomische Baukunst, 15. Stadt-Baukunst, verbunden mit praktischem Unterricht auf der Baustelle, 16. Strom- und Deich-Baukunst, 17. Schleusen-, Hafen-, Brücken- und Wege-Baukunst, 18. Kritische Geschichte der Baukunst, 19. Unterricht im Geschäftsstil, 20. Freie Handzeichnung, 21. Architektonische Zeichnung, 22. Situations-Kartenzeichnung, 23. Maschinen-Zeichnung.

Die unmittelbare Leitung der Anstalt wurde einem aus vier Mitgliedern bestehenden Directorium anvertraut, dessen Präsidium jährlich wechseln sollte. Die Reihenfolge wurde durch das Loos bestimmt.

Die Directoren haben den Unterricht so zu leiten, dass vor allen Dingen die Bedürfnisse des Cameral-Bauwesens befriedigt und auf die

[1] Grundsätze zur Einrichtung der von des Königs Majestät durch die Allerhöchste Cabinets-Ordre vom 18. März 1799 approbirten Bau-Akademie. Allerhöchster Erlass des Königs Friedrich Wilhelm's III. »an die Etats-Minister Freiherrn von Heinitz und von Schroetter, Potsdam den 13. April 1799«. Beide Actenstücke in Abschrift im Archiv der Technischen Hochschule. Publicandum wegen der vorläufigen Einrichtung der von Seiner Königlichen Majestät Allerhöchstselbst unter dem Namen einer Königlichen Bau-Akademie zu Berlin gestifteten allgemeinen Bau-Unterrichtsanstalt de dato Berlin den 6. Juli 1799. Gedruckt bei George Decker.

[2] Den meisten der sogleich im Text aufzuführenden Unterrichtsgegenstände ist in den »Grundsätzen« eine kurze Inhaltsangabe des zu bewältigenden Lehrstoffs beigegeben.

Eigenheiten der verschiedenen Provinzen Rücksicht genommen werde. Sie haben den Lehrern Anweisung und Hülfe in Betreff des Vortrags zu ertheilen und für gute Lehrbücher zu sorgen, eventuell solche durch die Lehrer ausarbeiten zu lassen. Den Directoren ist ferner die Revision der Collegia und die Sorge für den nöthigen Zusammenhang des Unterrichts anvertraut. Wichtige und verwickelte Abtheilungen haben sie selbst vorzutragen und den Bau-Eleven zu erläutern. In Betreff des praktischen Unterrichts haben sie die jungen Leute nach ihren Fähigkeiten zu vertheilen und die in jedem Jahre vorzunehmenden öffentlichen Prüfungen der Bau-Eleven zu veranstalten.

Was den soeben erwähnten praktischen Unterricht betrifft, so war die Einrichtung getroffen, dass »die Zöglinge die hiesigen Königlichen Bauten besuchen durften, um unter der Anleitung eines oder des anderen Lehrers sinnliche Überzeugung von dem zu erhalten, was ihnen bei den Vorlesungen vorgetragen worden«. Auch waren die beim Bau angestellten »artis periti« verbunden, zur Belehrung der Zöglinge eine jede aufgeworfene Frage ohne Rückhaltung mit Bestimmtheit zu beantworten. Ferner wurde den Kriegs- und Domainenkammern aufgetragen, am Jahresanfang die in ihren respectiven Provinzen vorkommenden Land- und Wasserbauten anzuzeigen, um die schon geübteren Zöglinge der Bau-Akademie dabei als Aufseher, Materialien-Empfänger u. dergl. anzustellen.[1]

Den Directoren wurde ferner eine Aufgabe zugewiesen, welche den Zusammenhang der Bau-Akademie mit der Kunst-Akademie näher charakterisirt.

Das Reglement für die Akademie der bildenden Künste und mechanischen Wissenschaften vom Jahre 1790 hatte neben der Pflege der Kunst auch die Förderung des Kunsthandwerks ins Auge gefasst. Demgemäss bestand an der Akademie der Künste eine »Kunstschule« für »Lehrlinge und Gesellen solcher Handwerker und Fabrikanten, die zu geschmackvollen Formen und Verzierungen ihrer Arbeiten des Unterrichts im Zeichnen oder in der Geometrie und Architektur bedürfen«. Ähnliche Schulen waren auf Grund desselben Reglements auch in den Provinzen, besonders in solchen Gegenden, wo beträchtliche Manufacturen und Fabriken bestanden, errichtet worden. Diese Kunstschulen sollten nun auch zu der Bau-Akademie in ein näheres Verhältniss gebracht werden und ihr in die Hand arbeiten.[2] Sie sollten von nun an dergestalt

[1] S. Acta wegen Beschäftigung der Bau-Eleven bei Königlichen Bauten, im Archiv der Technischen Hochschule.

[2] In der bereits erwähnten Cabinets-Ordre vom 13. April wird festgesetzt, »dass jetzt und in der Folge von der gesammten Einnahme des jährlichen Bau-Akademie-Etats

eingerichtet werden, dass ausser der bisherigen, auf das Kunsthandwerk bezüglichen Unterweisung »vorzüglich auch auf die Bildung der Bauhandwerker Rücksicht genommen werde.« Demgemäss wurden folgende Lehrfächer in das Programm aufgenommen: 1. Anfangsgründe der Arithmetik und Geometrie nebst Unterricht im geometrischen Zeichnen, 2. Anfangsgründe der Mechanik, 3. freie Handzeichnung, 4. architektonisches Zeichnen, 5. architektonischer Unterricht, 6. Modelliren und Bossiren.[1] Solchen Bauhandwerkern, »welche vorzügliche Fähigkeiten und Talente besitzen und deshalb mit guten Zeugnissen von der Kunstschule versehen sind, soll der freie und unentgeltliche Zutritt zu denjenigen Vorlesungen der Bau-Akademie, welche ihnen vorzüglich nützlich sind, gestattet werden.«

Denjenigen Directoren der Bau-Akademie, welche zugleich Mitglieder des Ober-Baudepartements sind, wird es nun zur Pflicht gemacht, bei ihren jährlichen Reisen in die verschiedenen Königlichen Provinzen die Provincial-Kunstschulen »in Absicht des zweckmässigen Unterrichts für die Baugewerksleute« zu revidiren und darüber an das Curatorium der Kunst-Akademie Bericht zu erstatten, »als zu welchem Ende sie zugleich Mitglieder der Kunst-Akademie und deren Senats sein sollen, um dadurch eine desto genauere Verbindung der Bau-Akademie mit der Kunst-Akademie, besonders in Ansehung des Provincial-Kunstschulwesens und dessen zweckmässigerer Bearbeitung zu bewirken. Die Ernennung der Lehrer (der Kunst- und Handwerksschulen), welche hauptsächlich aus den geschicktesten Eleven der Kunst- und Bau-Akademie zu Berlin erwählt werden sollen, bleibt dem pflichtmässigen Ermessen des Curatorii der Akademie überlassen, jedoch dergestalt, dass in Ansehung des architektonischen Faches alle dahin einschlagenden Sachen von den Directoren der Bau-Akademie bei dem Senat der Akademie der Künste in pleno vorgetragen und daselbst gemeinschaftlich entschieden werden sollen.«

Kehren wir zur Bau-Akademie zurück!

Bezüglich der Aufnahmebedingungen wurde festgestellt, dass in der Regel keinem ein Receptionsschein ertheilt werden solle, wenn er nicht ein Alter von 15 Jahren erreicht hat; nur in ausserordentlichen Fällen kann das Directorium eine Ausnahme verstatten. Dagegen kann der

der vierte Theil zum Kunstschulwesen insofern verwendet werden soll, als solches ohne Nachtheil der Bau-Akademie geschehen kann«. Dann heisst es weiter: »In dieser Rücksicht habt aber Ihr, der Etats-Minister, Freiherr von Heinitz, bei Vervollkommnung und Erweiterung der Provinzial-Kunstschulen für Bau-Bediente, Bau- und andere Handwerker dahin zu streben, dass diese Kunstschulen der Bau-Akademie in die Hand arbeiten«.

[1] S. »Grundsätze zur zweckmässigen Organisirung der bereits existirenden und neu zu errichtenden Kunst- und Handwerksschulen, mit besonderer Hinsicht auf die Unterweisung der Bau-Handwerker« (im Archiv der Techn. Hochschule).

Besuch des Unterrichts in der freien Handzeichnung nach Befinden der Umstände schon vom zwölften Jahre an stattfinden.

Was die erforderlichen Vorkenntnisse betrifft, so muss der Aufzunehmende

a) eine gute leserliche Hand schreiben und über einen ihm zu bestimmenden Gegenstand einen orthographisch richtigen Aufsatz verfertigen können,

b) eine Grundlage in lateinischer und französischer Sprache besitzen,

c) mit Fertigkeit alle Rechnungen, welche im gemeinen Leben vorkommen, verrichten können.

Dem Hauptzweck der Anstalt, tüchtige Baubeamte für den Staat zu bilden, entspricht die Bestimmung, wonach diejenigen Kriegs- und Domänenkammern, welche in ihren Departements tüchtige Subjecte haben, von welchen zu hoffen ist, dass sie dereinst als Feldmesser oder Baumeister mit Nutzen angestellt werden können, dafür sorgen sollen, dass solche vor dem ersten October oder ersten April jedes Jahres hier eintreffen, weil ihnen sonst der Unterricht im Zusammenhange nicht ertheilt werden kann.

Was die Dauer des Studiums anlangt, so sind für die Feldmesser anderthalb Jahre, die Baukünstler $2^1/_2$ Jahre in Aussicht genommen. Für solche Eleven aber, welche ohne Vorkenntnisse eintreten, wird ein Zeitraum von vier Jahren beansprucht. »Sollten indessen Eleven schon mit mehreren Kenntnissen ausgerüstet zur Akademie kommen, so können sie vom Besuche der Collegia über diejenigen Wissenschaften befreiet werden, worin sie nach dem erhaltenen Examinationsatteste sich schon die hinlänglichen Kenntnisse erworben haben und es soll ihnen dagegen freistehen, nur diejenigen Vorlesungen mit anzuhören, welche ihnen noch besonders nöthig und nützlich sind; dahingegen auch ein Eleve den Umständen nach die Baustudien in einem kürzeren Zeitraum als vier Jahre vollenden kann«.

Ein besonderes Gewicht ist auf die Ausbildung im Feldmessen gelegt. In diesem Betracht lautet eine Bestimmung: »Da es aber in Sonderheit der Königliche Allerhöchste Dienst erfordert, dass vorzüglich tüchtige Feldmesser gebildet und diese bei Vermessungen angestellt werden, so soll es einem jeden Eleven frei gestellt werden, wenn er in der Feldmesskunst sich die nöthigen Kenntnisse erworben hat, auf das desfalsige gratis zu ertheilende Examinationsattest der Direction die Bau-Akademie zu verlassen und zur Vollendung seiner Baustudien nach einiger beliebiger Zeit wieder einzutreten.«

So trat denn die Bau-Akademie wesentlich als Bau-Beamtenschule ins Leben. Es war die erste Anstalt dieser Art in Deutschland und

hatte überhaupt nur eine Vorgängerin in der im Jahre 1794 gestifteten École polytechnique in Paris, welche aber einen mehr militärischen Charakter hatte und sich auch dadurch von der Bau-Akademie unterschied, dass einmal ihr Programm weiter ging, insofern es die Vorbildung zu allen Zweigen des öffentlichen Dienstes umfasste, welche gründliche Kenntnisse in den mathematischen, physikalischen und chemischen Wissenschaften erfordern, also dem Programm der späteren technischen Hochschulen nahe kam; dann aber ihr Ziel nur eine allgemein wissenschaftliche Vorbildung war, deren Nachweis nach zweijährigem Cursus zum Eintritt in solche Specialschulen berechtigte, welche die eigentliche fachmässige Ausbildung vermittelten: Die École des ponts et chaussées; des mines; d'artillerie; des ingénieurs militaires; des géographes etc.[1]

Die neue Anstalt wurde nun doch nicht in der Kunst-Akademie, sondern in dem von Heinrich Gentz in den Jahren 1798—1800 errichteten Gebäude der alten, damals »neuen« Münze am Werderschen Markt untergebracht. Dasselbe war ursprünglich nur für die Münze, das Mineraliencabinet und das Ober-Bergdepartement in Aussicht genommen, wurde jedoch noch während des Baues zugleich für die Bau-Akademie und das Ober-Baudepartement eingerichtet. So ist denn auch in den Darstellungen des nach Friedrich Gilly's Entwurf von Schadow ausgefürten Frieses, der in unseren Tagen an das Gebäude der jetzigen neuen Münze übergeführt worden, mit auf die Baukunst Bezug genommen, und die an der »alten Münze« noch erhaltene Inschrift besagt:

»Fridericus Guilelmus III Rex Rei monetariae, mineralogicae, architectonicae MDCCC«.

Im Friese über den Säulen der Façade las man aber den Vers:

»Hier belehrt die Natur durch ihre geordneten Erze,
Hier verwandelt in Geld ihre Metalle die Kunst.
Ihr, und den bauenden Künsten über und unter der Erde
Öffnet und weihet und schützt Friedrich Wilhelm dies Haus.«

Das dritte Stockwerk, mit Ausnahme einiger weniger Räume, die für das Bergdepartement vorbehalten waren, wurde der Bau-Akademie

[1] S. Rapport sur l'enseignement de l'école polytechnique adressé à M. le Ministre de la guerre, par la commission mixte nommée en exécution de la loi du 5 Juin 1850. Anfangs hatte man der École polytechnique oder, wie sie zuerst genannt wurde, École centrale des travaux publiques auch diesen ganzen angewandten Theil des Unterrichtes zuweisen wollen, und demgemäss die damals in tiefen Verfall gerathenen älteren Fachschulen, die Écoles speciales d'application eingehen lassen. Bereits im Jahre 1795 wurden aber die letzteren wieder eingerichtet, nun aber in den im Text angeführten Zusammenhang mit der polytechnischen Schule gebracht.

angewiesen. Die Säle und Zimmer wurden durch auf Consolen und Tabletten aufgestellte Modelle verziert.[1]

In diesen Räumen wurde nun am 1. October 1799 der Unterricht eröffnet. Wie viele Schüler damals aufgenommen worden, lässt sich nicht mit Sicherheit angeben. In dem für 1799/1800 aufgestellten Etat sind an »Matriculgeldern« 100 Thaler »von ungefähr 10 Studenten jährlich à 10 Thaler« verzeichnet, dazu kamen aber die Eleven, denen die Immatriculations-Gebühren erlassen wurden auf Grund des Abschnittes IX der »Grundsätze« vom 30. März 1799, wonach »unvermögende Bauhandwerker sowohl als andere mit vorzüglichen Talenten ausgerüstete Subjecte, besonders aber die aus den Provincial-Kunstschulen mit guten Zeugnissen anhero kommenden Baubeflissenen von Erlegung der 10 Thaler befreit werden konnten«.

Das Directorium bestand aus dem Ober-Hofbaurath Becherer, dem für das erste Unterrichtsjahr das Präsidium durch das Loos zu Theil geworden, sowie den Geheimen Ober-Bauräthen Eytelwein, Riedel sen. und David Gilly, Männern, deren Namen in der Geschichte der Architektur und des Ingenieurwesens einen guten Klang haben.

Von Becherer, der 1747 zu Spandau geboren, in Potsdam unter den Architekten Friedrich's des Grossen Büring, Hildebrand, Manger und Gontard bis 1767 thätig war, stammt die alte Börse in Berlin. Auch hat er die Colonnaden der Spittel- und Königsbrücke sowie die beiden Thürme auf dem Gensdarmenmarkt nach Gontard'schen Zeichnungen ausgeführt. Er starb 1823.[2]

Eytelwein (1764 — 1848), dem wir im Verlauf der Geschichte der Bau-Akademie noch wiederholt begegnen werden, hat sich um Wissenschaft und Technik hohe Verdienste erworben und nimmt in der Fachliteratur eine hervorragende Stelle ein, indem er über die verschiedenartigsten Materien der reinen und angewandten Mathematik, der Ingenieurwissenschaften und der Theorie des Maschinenbaus zahlreiche Abhandlungen veröffentlichte, die zum Theil der Art erschöpfend sind, dass sie bis heute maassgebend geblieben. Im Jahre 1803 zum Mitglied der Akademie der Wissenschaften ernannt, hielt er in den Jahren 1810 — 15 auch an der Universität Vorlesungen.[3]

[1] S. Gentz. Beschreibung des neuen Königlichen Münzgebäudes, in der Sammlung von Aufsätzen und Nachrichten, die Baukunst betreffend. Jahrgang 1800, Band I, S. 14 ff. mit Abbildungen. Vergl. auch Berlin und seine Bauten Th. I, S. 270.

[2] S. den Artikel: »Becherer« von Dohme in der Allg. Deutschen Biographie Bd. II, S. 204.

[3] S. Rühlmann, Vortrag betreffend die Lebensgeschichte Eytelwein's, Deutsche Bau-Zeitung, XVII. Jahrgang, 1883, S. 178.

David Gilly (geb. 1748 in Schwedt, † 1808) war ein in hohem Grade begabter Techniker auf den drei Gebieten des Land-, Wasser- und Meliorationsbaues, ein Mann von gründlichem Wissen und rastloser Energie. Bereits im Jahre 1779 war er zum Bau-Director für Pommern ernannnt worden, seit 1788 finden wir ihn als Geheimen Ober-Baurath in Berlin.[1] Sein pädagogisches Talent hat er durch die gediegene Erziehung, die er seinem genialen Sohne von dessen frühester Kindheit an zu Theil werden liess, an den Tag gelegt. Dass er als Lehrer der Bau-Akademie, an deren Begründung er einen so hervorragenden Antheil hatte, sich der Liebe seiner Schüler erfreute, ersieht man aus dem Nachruf, welchen dieselben ihm nach seinem, durch den Gram über das frühe Dahinscheiden seines Sohnes beschleunigten Tode widmeten.[2]

Die vier Directoren lehrten folgende Fächer: Becherer — Construction; Eytelwein — Mechanik fester Körper und Hydraulik; Riedel — Strom- und Deich-Baukunst; Gilly — Schleusen-, Hafen-, Brücken- und Wegebau.

Ausser denselben waren folgende Lehrer am Unterricht betheiligt: Als Docent der Mathematik wirkte bis zum Jahre 1831 Professor Grüson (geboren 1768 in Neustadt-Magdeburg, † 1857 in Berlin), seit 1794 Professor an der Berliner Cadettenschule, seit 1798 Mitglied der Akademie der Wissenschaften, seit 1816 Professor an der Universität.[3] Ober-Baudepartements-Assessor und Professor Zitelmann trug über Statik und Hydrostatik, Professor und Bau-Inspector Simon über Bau-Physik vor. Den Geschäftsstil lehrte Professor Rambach. Den Unterricht im Situationskartenzeichnen wie auch im Feldmessen und Nivelliren versah Bau-Inspector Jahn. Die kritische Geschichte der Baukunst lehrte der vielgereiste, mannigfaltig gebildete, durch seine kunstgeschichtlichen Werke, besonders die Geschichte der Baukunst bei den Alten, rühmlichst bekannte Aloys Hirt (1759 — 1839).

Die ökonomische Baukunst war durch den Geheimen Ober-Baurath Riedel junior, die Stadtbaukunst durch den Professor und Bau-Inspector Gentz († 1811) vertreten, den bereits oben genannten Erbauer des ersten Domicils der Akademie, der zur Gruppe jener Berliner Künstler gehörte, welche gegen Schluss des vorigen Jahrhunderts neue Bahnen eingeschlagen hatten, indem sie einerseits die Wiederbelebung classisch hellenischer

[1] S. Adler, Friedrich Gilly, im Centralblatt der Bau-Verwaltung. Jahrgang I, 1881, S. 8. 9.

[2] S. Kohlhoff. Denkmal der Liebe und Verehrung. Ihrem verewigten Lehrer David Gilly gewidmet von den studirenden Mitgliedern der Königlichen Bau-Akademie. Berlin 1809.

[3] S. Cantor's Artikel in der Allgemeinen Deutschen Biographie.

Formen anstrebten, andererseits »eine Befreiung von dem conventionellen Schema sowie eine naive Verwendung der Formen im Sinne ihrer ursprünglichen Bedeutung in Aussicht nahmen«. Nach dem Entwurfe von GENTZ ward im Jahre 1810 der Bau des Mausoleums zu Charlottenburg begonnen.

Den Unterricht in der Optik und Perspective, sowie denjenigen im freien Handzeichnen, im architektonischen und Maschinenzeichnen ertheilte der Professor und Bau-Inspector FRIEDRICH GILLY. Er hatte die Aufsicht über das ganze Zeicheninstitut an der Bau-Akademie. In Verbindung mit ihm wirkten die Bau-Inspectoren MEINECKE, SCHLÖZER und MANDEL, sowie der Zeichner, seit 1802 Professor RÖSEL.

Leider wurde GILLY bereits im folgenden Jahre in einem Alter von nur 39 Jahren vom Tode dahingerafft. Und doch erscheint es uns heute wie ein günstiges Vorzeichen für die fernere Entwickelung der Bauschule und der vaterländischen Baukunst, dass dieser genialste unter den damaligen deutschen Architekten[1] bei der Begründung der Akademie unter den Lehrern derselben seine Stelle fand und dass gerade damals SCHINKEL sein Schüler war.

GILLY ist in der That Bahnbrecher für die Richtung, welche nach ihm SCHINKEL einschlug. Er erstrebte eine Wiedergeburt der Architektur durch Vertiefung in die hellenische Kunst und stellte sich und seinem Berufe die höchsten Ziele. Wie vielseitig begabt und gebildet GILLY war, geht aus seinen zahlreichen Skizzen hervor, unter denen sich, abgesehen von den architektonischen Arbeiten, Landschaften, Figuren, Zeichnungen von Geräthen u. s. w. befinden. Vor allem aber beweist sein Entwurf zu dem schon oben genannten Friese für das Münzgebäude seine reiche Phantasie auch auf dem Gebiete der Figurencomposition. Jenen hohen Sinn und diese Vielseitigkeit hat SCHINKEL von GILLY geerbt.

Auch hat SCHINKEL bezeugt, wie viel er seinem innig geliebten Lehrer und Freunde zu verdanken sich bewusst war, indem er ihn »den Schöpfer dessen was er sei« nannte. Dass GILLY in der kurzen Zeit seiner Lehrthätigkeit an der Bau-Akademie seine Schüler in hohem Grade begeisterte, das kann man wohl im Hinblick auf seine liebenswürdige Persönlichkeit, wie dieselbe uns aus der Denkschrift seines Freundes LEVEZOW entgegentritt, annehmen. Vor Allem aber ist auch in dieser Hinsicht sein Verhältniss zu SCHINKEL lehrreich. Er muss ein aussergewöhnliches Lehrtalent gehabt haben, da er seinen jungen Freund in einem solchen Grade mit sich fortriss und so Vieles von seiner künst-

[1] Als solcher galt er schon damals, sagt doch SCHADOW »Kunstwerke und Kunstansichten«: »Zu der Zeit galt der junge GILLY für das grösste Genie im Baufache.«

lerischen Individualität auf ihn zu übertragen wusste, oder wie der alte SCHADOW sagt:[1] »Der berühmte SCHINKEL war sein Eleve und kann als eine Naturwiederholung dieses seines Meisters betrachtet werden.«

In der That lehrt ein Vergleich der Bauten SCHINKEL's mit den Entwürfen GILLY's, wie sehr letzterer Schule gemacht hat. Doch giebt es auch bestimmte Zeugnisse dafür, dass er als Lehrer sich die unbedingte Liebe seiner Schüler, die grösste Anerkennung seiner Vorgesetzten erwarb, dass er auf die Vorbereitung zum Unterricht die strengste Sorgfalt verwandte und denselben nach einem systematischen, wohlgeordneten Plane einrichtete. Auch hatte er die Absicht, ein Lehrbuch der Perspective auszuarbeiten. Alles das wurde durch seinen frühen Tod unterbrochen. Wie hoch die Bedeutung GILLY's schon frühe angeschlagen wurde, geht auch daraus hervor, dass das Ober-Baudepartement für seinen Sitzungssaal ein Brustbild des Meisters (gegenwärtig im kleinen Sitzungssaale des Ministeriums der öffentlichen Arbeiten) stiftete und die Kunst-Akademie die von SCHADOW gemeisselte Büste desselben in ihrem Conferenzsaale aufstellte. Es war »eine Huldigung seiner Schüler«, wie SCHADOW sich ausdrückt.[2]

2. Die Reorganisation vom Jahre 1802.

Mit welchem Interesse der König der Entwickelung des neuen Institutes folgte und wie sehr ihm dasselbe am Herzen lag, ersieht man aus einem Allerhöchsten Erlass vom 28. Februar 1801 an die Staatsminister von Heinitz und von Schroetter, den wir hier im Wortlaut folgen lassen:

> »Meine liebe Staatsminister Freyherrn von Heinitz und von Schroetter! Unter Rückgabe der Anlagen Eures Berichts vom 18. d. Mts. über den Zustand der neu errichteten Bau-Akademie gebe Ich Euch zu erkennen, dass Ich, da diese Anstalt noch erst im Entstehen ist, mit den ertheilten Notizen vorerst zufrieden bin und mich darauf verlasse, dass Ihr unausgesetzt auf die Entdeckung und Verbesserung der in der ersten Einrichtung nicht zu vermeiden gewesenen Mängel, sowie auf die Vervollkommnung dieser wichtigen Lehranstalt bedacht seyn werdet. Mir selbst sind bis jetzt nur zwey sehr erhebliche Ausstellungen gegen den

[1] A. a. O. S. 61.

[2] Über GILLY s. LEVEZOW, Denkschrift auf FRIEDRICH GILLY, Berlin 1801, ADLER, a. a. O.

Plan bekannt geworden, nähmlich dass die Gegenstände des Unterrichts zu sehr zerstückelt worden und dass bey der Aufnahme der jungen Leute nicht mehr darauf gesehen werde, dass sie die gehörigen Vorkenntnisse besitzen. Das Erstere überlasse Ich Eurer sachkundigen Prüfung, empfehle Euch aber dabey vorzüglich, nie zu vergessen, dass praktische Baubediente und keine Professoren in der Akademie gezogen werden sollen. Was aber das Letztere betrifft, so ist es klar, dass junge Leute, die nicht wenigstens gute Schulkenntnisse bereits mitbringen, die Anstalt nicht mit Nutzen frequentiren können und also um so weniger aufgenommen werden müssen, als sie die fähigeren Subjecte nur aufhalten und in der Folge dem Staate lästig werden, statt dass sie als blosse Handwerker demselben immer noch hätten nützlich werden können, wenn sie in Zeiten dazu wären angewiesen worden. Ich befehle Euch daher, zweckmässige Vorkehrungen dagegen zu treffen, auf deren Befolgung strenge zu halten und in dem nächsten Hauptberichte davon Anzeige zu thun. Ausserdem was bei der Bau-Akademie in dieser Rücksicht geschehen kann, muss besonders das Ober-Baudepartement zur pflichtmässigen Strenge bei den Prüfungen der Conducteurs und übrigen Baubedienten angewiesen und die Einrichtung getroffen werden, dass wenigstens die Zöglinge der Akademie wo möglich von andern als solchen Mitgliedern geprüft werden, die zugleich Vorsteher oder Lehrer in derselben sind. Die desfalls erforderlichen Verfügungen überlasse Ich besonders Euch dem Staatsminister Freyherrn von Schroetter und Ich verlasse Mich darauf, dass Ihr denselben Folge zu geben wissen werdet.

Ich verbleibe Euer wohl affectionirter König

Friedrich Wilhelm.

Berlin, den 28. Februar 1801.«

Dieser Erlass gab den Anstoss zu einer eingehenden Berathung des Directoriums über eine etwaige Reorganisation der Akademie, die denn auch noch in demselben Jahre auf Grund der Meinungsäusserung des Directoriums eingeleitet und im folgenden Jahr durchgeführt wurde. Ehe wir zur Schilderung dieser Umgestaltung übergehen, seien einige Hauptgesichtspunkte aus dem von den Directoren Riedel, Eytelwein und Gilly unterzeichneten bedeutsamen Bericht an das Curatorium, dessen Concept sich im Archiv der Technischen Hochschule befindet, hervorgehoben.

Bezüglich der Aufgabe, die sich der Unterricht an der Akademie zu stellen habe, wird auseinandergesetzt, dass in erster Reihe allerdings

auf die Erziehung praktischer Baumeister hingearbeitet werden müsse, aber es sei doch auch »nicht ganz unnütz, wenn sich ebenfalls architektonische Professoren bilden«, weil ja doch die Dauer der Akademie mit davon abhängt. »Die wissenschaftlichen Collegia«, heisst es weiter, »können wir aber nicht entbehren, weil diese allein nur gründliche Urtheile und Angaben bey dem Baumeister erzeugen können, der Mangel derselben aber ihn zum Empiriker, von dem Baumeister zum Bauhandwerker herabsetzt, welcher bey vorkommenden neuen Fällen nicht neue zweckmässige Mittel zu erfinden versteht, sondern blos das nachmachen kann, was er anderwärts schon bauen, oder doch gebauet, wenigstens im kleinsten Detail abgebildet und beschrieben gesehen hat; dessen ganze Kenntniss daher nur Gedächtnisswerk ist, der immer damit auf demselben Fleck stehen bleibet und stets in Gefahr ist, die gesammelten Muster unrecht anzuwenden, und dadurch wider seinen Willen Fehler auf Fehler zu machen. Indessen lassen sich allerdings unter den wissenschaftlichen Baukenntnissen sowohl als unter den blos künstlichen solche unterscheiden, welche jedem geschulten Baumeister beywohnen müssen, und solche, welche nur der braucht, welcher sich in höherem Grade geschickt machen, nicht blos zu einzelnen Zweigen des Cameral-Bauwesens, nicht blos zu dem gewöhnlich Vorkommenden vorbereiten, sondern vollständigere Kenntnisse zur Erledigung wichtigerer weitumfassender oder auch ästhetischer Gegenstände der Baukunst sich erwerben will. Wir halten daher auch dafür, dass es am gerathensten sei, den Unterricht in der Bau-Akademie einzutheilen: in solchen, welchen jeder Zögling abwarten muss, und in solchen, welchen man geniessen kann, wenn man sich dazu geneigt und fähig fühlt. Diese Abtheilung gewährt den Vortheil, dass jeder die Freiheit behält, so weit zu gehen als sein Talent und seine Wissbegierde ihn treibt, wodurch man erwarten kann, dass nur eigentliche Genies den höheren Graden sich widmen, mithin auch eher etwas wirklich vollständiges leisten werden, als wenn man jeden mit dazu anzutreiben und abzurichten strebt; dass bei der Bau-Akademie selbst nur Lehrer zu dem, dem Cameral-Baumeister unumgänglich nöthigen Unterricht angestellt und besoldet zu werden brauchen, in Absicht der übrigen (Fächer) aber den Zöglingen nur Nachricht zu geben nöthig ist, wo sie Gelegenheit haben die höhern Wissenschaften und Künste zu erlernen«.

In Betreff der Vorkenntnisse wird auch hier über das zu geringe Maass der Anforderungen geklagt: »Es sind nicht mehr als heutiges Tages fast jeder, der nur ein Handwerk lernen will, besitzen muss.« »Das hat dann den Erfolg, dass junge Leute, welche am Ende zu einem gründlich geschickten Baumeister doch nicht das Zeug haben, sich nicht

nur melden, sondern bei der ersten Prüfung auch bestehen und aufgenommen werden müssen. Es wird dadurch die Anzahl der Concurrenten zu Baudiensten zu gross, und die Anzahl der sich qualificirenden unter denselben bleibt doch klein und es entsteht daraus der Nachtheil, dass der grössere Theil unqualificirter entweder brodlos bleiben und in der Folge dem Staate lästig werden, anstatt dass sie als blosse Handwerker demselben immer noch hätten nützlich werden können — oder dass solche durch allerhand Schleichwege sich vorzudrängen suchen und die fähigeren, dem Staate in dieser Qualität nützlicheren Subjecte zurückhalten. Und da überdem zu einem Baumeister, welcher in so mancher Rücksicht bedeutenden Einfluss auf den Staat, und viel andere Leute zu dirigiren und in Aufsicht zu halten hat, beträchtliche Grundbildung sehr nothwendig ist, so ist es rathsam, von den jungen Leuten, welche als Bau-Eleven aufgenommen sein wollen, mehr als jetzt zu fordern«: sie sollen »ein Gymnasium so lange frequentirt haben, dass sie einen leichten lateinischen und französischen Autor exponiren, darüber ein gültiges Zeugniss des Gymnasiums vorzeigen und allenfalls mündliche Proben davon an das Directorium der Bau-Akademie ablegen können«; sie sollen »Alles wissen, was man von einem Landmesser verlangt«.

Die letzteren Kenntnisse werden aus folgenden Gründen gefordert: es werde dann nie an Landmessern fehlen, wie es doch jetzt der Fall sei; jeder junge Mann habe Gelegenheit, sich das Zureichende in Arithmetik, elementarer Geometrie, Algebra ausserhalb der Bau-Akademie anzueignen; das praktische Landmessen und Nivelliren könne er besser auf den Gymnasien, den Provincial-Bauschulen und bei den Baubedienten selbst lernen, als es an der Bau-Akademie mittelst der Anleitungen auf dem Felde möglich sei. Bei den Baubedienten fänden solche junge Leute dann auch leicht praktische Verwendung, womit oft beiden Theilen gedient sei. Dann aber brächten sie als Vorkenntnisse nicht nur theoretische Studien zur Akademie, sondern auch praktische Übung und könnten sogleich nicht nur mit dem Baustudium anfangen, sondern auch die Vorträge, die nun von, ihnen schon einiger Maassen bekannten Dingen handeln, besser begreifen und benutzen. Hier liegt bereits der Keim zum späteren Elevenjahr.

»Es findet alsdann auch das Gemische nicht statt, dass der, welcher hier nur erst Arithmetik, Geometrie, Trigonometrie und Feldmesskunst lernen sollte, auch gleich die Bau-Collegia mit hört, und von keinem etwas Rechtes lernt«.... »Von dem Feldmesser-Collegio würde blos das Planzeichnen beizubehalten seyn, weil der Bauzögling im Zeichnen gar nicht genug geübt werden kann, und das saubere Planzeichnen ihn

überdies zur Präcision anhält und zur Genauigkeit bei seinen übrigen Handlungen gewöhnet«.

Von solchen Gesichtspunkten ausgehend, schritt man zur Reorganisation der Bau-Akademie.

An die Stelle des Directoriums mit wechselndem Vorsitz trat eine mit dem Ober-Baudepartement verbundene »akademische Deputation«, mit deren Vorsitz der Präsident jenes Departements betraut wurde.[1]

Die früheren Directoren: Riedel sen., Gilly, Becherer und Eytelwein bildeten nun die Räthe dieser Deputation. Als Präsident fungirte der Ober-Finanzrath Morgenländer.

In der betreffenden Instruction[2] ist der Abschnitt, welcher von der »Visitation der Collegia« durch die akademische Deputation handelt, bezeichnend für die streng schulmässige Einrichtung der Akademie.

Sämmtliche Collegia werden zu diesem Behufe unter die vier Räthe der Deputation vertheilt und müssen von denselben wöchentlich wenigstens einmal revidirt werden. Die Räthe selbst sind, in sofern und so lange sie Lehrer sind, von dieser Controle keineswegs ausgeschlossen, vielmehr hat jene Vertheilung eine solche Controle »unter sich« mit zu begreifen. Bei den Visitationen haben die Räthe Nachstehendes zu beachten: wie sowohl die Zöglinge die Collegia frequentiren als auch wie die Lehrer solche abwarten, und warum die fehlenden ausgeblieben sind. Auch sollen sie den Lehrern, wo es möglich ist, sowohl in Ansehung der Materialien selbst, als der zu beobachtenden Lehrmethode Hülfe und Anweisung geben, auch darauf achten, ob die zum Grunde gelegten Lehrbücher zweckmässig oder welche sonst zu substituiren oder neu anzufertigen sein möchten. Zugleich haben sie auf Fleiss, Talent und die Art des Benehmens der Zöglinge Rücksicht zu nehmen und dem Präsidio der akademischen Deputation von vier zu vier Wochen ihre Bemerkungen darüber, besonders auch wegen derjenigen Zöglinge, die den Unterricht oder die Matricul frei erhalten haben, schriftlich einzureichen und dieselben entweder zu dem halbjährigen Hauptberichte sammeln oder behufs nöthiger Verfügungen zum Vortrag bringen zu lassen. Es wurden genaue »Conduiten-Listen« geführt, in denen die Lehrer über den »Besuch der Vorlesungen«, über »Fleiss und Fortschritte« der einzelnen Schüler ihr Urtheil abzugeben hatten.

[1] Seit dem 18. Mai 1801 bildete die Bau-Akademie eine integrirende Abtheilung des Ober-Baudepartements. Von 1804 an finden wir in offiziellen Schriftstücken die Bezeichnung: »Akademische Ober-Bau-Deputation« statt des bis dahin geführten Titels »Bau-Akademische Deputation des Königlichen Ober-Bau-Departements«.

[2] Archiv der Technischen Hochschule.

Den Räthen der Deputation steht es frei, auch solchen Vorträgen, die ihnen nicht zugetheilt sind, beizuwohnen, »wie denn gleichfalls von den übrigen Räthen des Ober-Baudepartements erwartet wird, dass sie die akademischen Collegia und sonstigen Unterrichte zuweilen besuchen«. Dasjenige aber, was ihnen etwa zweckwidrig oder sonst mangelhaft vorkommt, müssen sie nicht gegen die Lehrer und Zöglinge, weder in noch ausser den Classen äussern, sondern sie haben ihre Bemerkungen dem Präsidenten schriftlich anzuzeigen, der sie sodann zur näheren Deliberation zum akademischen Vortrag zuschreiben wird.

Bezüglich der Aufnahme neuer Zöglinge war schon im Jahre 1801 bestimmt worden, die Recipienden müssten ein Attest darüber beibringen, dass sie auf einem grösseren Gymnasium die dritte, auf einem gewöhnlichen die zweite Classe absolvirt hätten. Besondere Umstände, wo die Zöglinge durch Privatunterricht gebildet sind, würden davon eine Ausnahme machen, und mit ihnen müsste eine eigene Prüfung veranstaltet werden.[1] Der zu dem eigentlichen Baustudium Zuzulassende muss schon im praktischen Feldmessen und Nivelliren geübt sein und demgemäss das Zeugniss eines Bau-Officianten oder recipirten Feldmessers über eine einjährige Thätigkeit auf diesen Gebieten beibringen. Wer ohne diese Erfordernisse seine Studien an der Bau-Akademie beginnen will, der kann zwar den betreffenden Unterricht in der Arithmetik, Algebra, im Feldmessen u. s. w. daselbst erhalten, »muss aber dieses in den ersten anderthalb Jahren vor dem eigentlichen Baustudio besonders abmachen«.[2] Jeder in die Akademie Aufzunehmende hat vor dem Pleno des Ober-Baudepartements über seine Vorkenntnisse sich tentiren zu lassen; wenn er besteht, wird er einem der akademischen Räthe, welcher zugleich wirkliches Mitglied des Ober-Baudepartements ist, zur Leitung empfohlen. Dieselbe »soll darin bestehen, dass der Rath ihm Anleitung giebt, welche Collegia er nach seinen, im Tentamen bewiesenen Fähigkeiten und Vorkenntnissen, und demnächst nach der Folge des Unterrichts zu frequentiren hat; dass er ihm auch zu anderen, nicht bei der Bau-Akademie gelesen werdenden Collegien, die in sein Fach einschlagen, wenn sie gleich mehr zu den theoretischen und gelehrten Kenntnissen gehören, Anweisung ertheilt; dass ferner der Rath bey Visitation der Collegien die seiner Leitung anvertrauten Eleven besonders beobachtet, auf ihre Fortschritte Achtung giebt, und selbigen mit gutem Rathe wegen ihres Studiums beystehet, wenn er von ihnen,

[1] Erlass des Curatoriums der Bau-Akademie vom 5. Mai 1801, im Archiv der Techn. Hochschule.

[2] Deklaration des Publikandi vom 6. July 1799. Berlin, den 12. Februar 1803.

besonders bey Gelegenheit der Visitationen der Collegien, mit gebührender Bescheidenheit darum angegangen wird.«

Es wird gewünscht, dass auch diejenigen Räthe des Ober-Baudepartements, die nicht zur akademischen Deputation gehören, sich um die Fortschritte der Eleven kümmern, und zwar soll jeder Rath seine Aufmerksamkeit namentlich denjenigen unter den Schülern zuwenden, welche in dem ihm anvertrauten Provincial-Departement zu Hause sind, »damit er bei vorfallenden Vacanzen mit desto mehr Sicherheit passliche Subjecte vorzuschlagen wisse.«

Ein Abschnitt der Instruction handelt eingehend von dem repetitorischen Examen am Schlusse jedes Semesters. Der Sommer-Cursus, mit welchem das Unterrichtsjahr beginnt, dauert vom 1. April bis zum 15. September; der Winter-Cursus vom 1. October bis zum 15. März. Vom 1. bis 15. September, desgleichen vom 1. bis 15. März soll nichts Neues mehr gelehrt, sondern nur das in den vorhergegangenen fünf Monaten Gelehrte repetirt werden. Diesen Repetitionen haben die Räthe der Deputation, sowie auch die übrigen Mitglieder des Ober-Baudepartements nach Möglichkeit beizuwohnen. Auch der Präsident hat die Prüfungen »mehrmals anzuhören«, »wie auch die beiden der Bau-Akademie als Curatoren vorgesetzten Staatsminister die repetitorischen Examina zuweilen unvermuthet besuchen werden.« Abgesehen vom mündlichen Examen, sollen die Eleven der Zeichenclassen unter den Augen der Lehrer Probezeichnungen verfertigen, welche mit den halbjährlichen Berichten dem Curatorium zur weiteren Beförderung an den König einzureichen sind. Diese Zeichnungen können dem Eleven eventuell auch später von Nutzen sein, »indem es ihm bei künftiger Versorgung zur besonderen Empfehlung dienen kann, wenn man von seinem ersten akademischen Halbjahre an bis zum Ende seines grossen Bau-Examens die Beweise seines guten Benehmens in einer Reihe vor sich sieht.« Auch kann der Curator für einzelne Stücke, welche gut ausfallen und etwa für die Provincialschulen zu gebrauchen sind, Remunerationen bewilligen.

Was den in der Instruction festgestellten Studienplan betrifft, so stimmt das Verzeichniss der Lehrfächer im Grossen und Ganzen mit dem bei der Stiftung eingeführten überein, doch sind folgende Veränderungen im Einzelnen zu vermerken: es ist ein besonderer Unterricht im Zeichnen der architektonischen Verzierungen eingetreten, ferner ist der Vortrag über kritische Geschichte der Baukunst in ein Colleg »über Encyklopädie der Baukunst nebst einer kurzen kritischen Geschichte« verwandelt. Der Unterricht in der Optik und Perspective wird nicht mehr als selbstständiges Colleg aufgeführt, wohl aber soll bei dem

Unterricht in den Bauverzierungen und im Bauzeichnen »Rücksicht auf die optischen und perspectivischen Gesetze« genommen werden, und mit dem Unterricht im Maschinenzeichnen soll »eine gründliche, jedoch praktische Anweisung perspectivischer Vorstellungen, soweit es dem Cameral-Baumeister nöthig ist«, verbunden werden. Auch das selbstständige Collegium über Bauphysik ist als solches eingegangen und mit dem Unterricht in der Construction verbunden worden. Diese Veränderungen waren in dem oben erwähnten Gutachten der Directoren vorgeschlagen worden und entsprachen der Tendenz, an der Bau-Akademie selbst nur das für den Baubeamten Nothwendigste zu lehren.

Über Veränderungen im Lehrerpersonal während des ersten Jahrzehnts des Bestehens der Bau-Akademie lässt sich Folgendes beibringen:

An Stelle Zitelmann's hatte im Jahre 1802 Bau-Inspector Mandel den Unterricht in der Statik und Hydrostatik übernommen; Professor Hobert trug seit 1801 die Maschinenlehre vor; für das architektonische Zeichnen war im Studienjahre 1802/1803 Bau-Inspector Sachs hinzugetreten. Den Unterricht im Schleusen-, Hafen-, Brücken- und Wegebau übernahm im Jahre 1804 Assessor (seit 1805 Geheimer Ober-Baurath) von Alten. Riedel sen., der, wie wir sahen, zwar Mitglied des Directoriums, resp. der akademischen Deputation blieb, hatte den Unterricht im Strom- und Deichbau bald aufgegeben, und derselbe war 1801 von Eytelwein übernommen worden. Seit 1804 lehrte Professor Simon an Stelle Becherer's, der aber ebenfalls Mitglied der Deputation blieb, die Construction. Der Unterricht im Geschäftsstil war 1803 vom Professor Rambach an den Prediger Jenisch übergegangen, welchem schon 1804 Professor Heinsius folgte. Im Verzeichniss für das Jahr 1807 finden wir Rentz, Inspector bei dem Joachimsthal'schen Gymnasium, als Lehrer der Situations-Kartenzeichnung, und Zimmermann, Professor am Friedrichs-Werder'schen Gymnasium, mit dem Unterricht im Feldmessen und Nivelliren betraut. Bis dahin hatte Bau-Inspector Jahn diese Fächer vorgetragen.

Über den Besuch der Akademie in der ersten Zeit ihres Bestehens geben die Immatriculations-Listen und die tabellarischen Verzeichnisse der Studirenden folgende Auskunft:

Im	Etatsjahr	1801/1802	wurden	immatriculirt	49	Eleven
»	»	1802/1803	»	»	54	»
»	»	1803/1804	»	»	53	»
»	»	1804/1805	»	»	69	»
»	»	1805/1806	»	»	51	»
»	»	1806/1807	»	»	31	»
»	»	1807/1808	»	»	33	»
»	»	1808/1809	»	»	11	»

Die Gesammtzahl der Studirenden betrug:

1. April 1801 — 1. October 1801:	59,	darunter 11	Ausländer
1. October 1801 — 1. April 1802:	124,	» 17	»
1. April 1802 — 1. October 1802:	57,	» 6	»
1. October 1802 — 1. April 1803:	120,	» 19	»
1. April 1803 — 1. October 1803:	50,	» 5	»
1. October 1803 — 1. April 1804:	127.		

3. Die Bau-Akademie mit der Akademie der Künste verbunden. 1809 — 1824.

Im Jahre 1809 ward, nach Umformung des bisherigen Ober-Baudepartements, die Leitung der Bau-Akademie, welche unterdessen an die Ecke der Zimmer- und Charlottenstrasse in ein, im Jahre 1806 für dieselbe angekauftes Haus (Zimmerstrasse No. 25) übergesiedelt war, mit derjenigen der Akademie der Künste verbunden.

Aus einem uns vorliegenden Unterrichts-Verzeichniss vom Jahre 1812 ersehen wir, dass die architektonischen Collegia theils in der Kunst-Akademie, theils in der Bau-Akademie gehalten wurden. In der ersteren lehrte Professor Hummel das architektonische und perspektivische Zeichnen und Professor Meinecke das Zeichnen in der Reissklasse; die kunstgeschichtlichen Vorlesungen wurden ebenfalls gemeinsam für beide Anstalten von Hirt in der Kunst-Akademie gehalten. Unter den Lehrern, die in der Bau-Akademie unterrichteten, finden wir an neu hinzugetretenen: Rabe seit 1810 für Construction und Stadtbaukunst an Stelle von Simon und Gentz, Dumbte für das Situationszeichnen an Stelle von Rentz, Schmid für das Modelliren. Von den früheren Lehrern sind ferner ausgeschieden: Hobert, Sachs und Heinsius. An die Stelle der früheren Leiter der Anstalt: Morgenländer, Riedel sen., Becherer und Eytelwein, ist das Directorium der Kunst-Akademie, bestehend aus dem Historienmaler Frisch als Director, und Hofbildhauer Schadow als Vice-Director, getreten.

Im Jahre 1816 wurde Schadow Director der Kunst-Akademie und somit auch der Bau-Akademie und behielt die Leitung der letzteren bis zum Jahre 1824 bei. Als Vice-Director fungirte der Kupferstecher Berger.

Ein Verzeichniss vom Jahre 1818 weist an neuen Lehrern: Stolpner für Zeichnen, Eberhard für Modelliren und Levezow für die Alterthumskunde und Mythologie auf. Von den früheren Lehrern fehlen

Riedel jun. und Dumbte. Becherer hat die Direction der mit der Bau-Akademie verbundenen Baugewerks-Schule übernommen.

Am 7. August 1820 wurde Schinkel Professor der Bau-Akademie und Mitglied des Senats der Akademie der Künste; in den Lehrerverzeichnissen der Bau-Akademie wird er aber nicht mit aufgeführt.

Seit dem Jahre 1819 fehlt Schlötzer in den Listen, seit 1821 auch von Alten, Stolpner und Zimmermann.

Im Jahre 1821 wurde Zielke als Assistent für den Unterricht in der Architektur, der Perspective und dem Planzeichnen angestellt. In demselben Jahre begann Berghaus mit dem Unterricht im Landmessen und Nivelliren, im Karten- und Planzeichnen, sowie auch in der Maschinenlehre, seine erfolgreiche langjährige Lehrthätigkeit an der Bau-Akademie (bis 1854).

Heinrich Carl Berghaus (geboren 3. Mai 1797 zu Cleve, gestorben 17. Februar 1884 in Stettin) hatte seinen Schulunterricht in Münster, wohin sein Vater 1804 übergesiedelt war, Marburg und Berlin erhalten. 1811, also erst vierzehnjährig, als Conducteur für den Brücken- und Strassenbau in dem damals zu Frankreich gehörenden Lippe-Departement angestellt und bei den Vorarbeiten zu mehreren grösseren, von Napoleon geplanten, aber nicht zur Ausführung gekommenen Bauten beschäftigt, fand er Gelegenheit, sich zum Berufe eines Geodäten auszubilden. Als Freiwilliger machte er den Freiheitskrieg mit. Dann lebte er kurze Zeit in Weimar, bis er 1816 als Ingenieur-Geograph in das Kriegsministerium nach Berlin berufen ward. Durch eine ausserordentlich grosse Anzahl kartographischer, geographischer und geschichtlicher Arbeiten hat er sich um die Wissenschaft sehr verdient gemacht. Unter Anderem gab er in zwei Bänden »die Baudenkmäler aller Völker der Erde, nach Breton's Monumenten« heraus. Sein »Physikalischer Atlas« gilt als bahnbrechende Leistung.[1]

Eine wesentliche Umgestaltung der Anstalt ward im Jahre 1817 in der Unterrichtsverwaltung geplant. Es handelte sich um nichts geringeres, als um eine Umwandlung der Bau-Akademie in eine »mathematisch-technische Lehranstalt«, welche das Gesammtgebiet der Technik umfasst hätte, also um die Begründung eines Polytechnicums. Mit ähnlichen Gedanken trug sich auch das Handelsministerium, welches die Heranziehung auch des Berg- und Forstwesens ins Auge fasste.[2]

[1] S. die Nekrologe in der Vossischen Zeitung vom 18. Februar 1884 und im Centralblatt der Bauverwaltung. Jahrgang IV, 1884 S. 78.

[2] Diese Notiz ist einer nicht gedruckten Denkschrift in den Acten des Ministeriums der geistlichen, Unterrichts- und Medicinal-Angelegenheiten entnommen, die einzusehen dem Verf. gütigst gestattet wurde, und die auch in der Folge bei einigen thatsächlichen Mittheilungen benutzt werden durfte.

Von diesen weitgreifenden Ideen kam aber nichts zur Ausführung. Vielmehr blieb die Bau-Akademie wesentlich eine Anstalt zur Ausbildung von Baubeamten, ja erhielt, wie wir sehen werden, diesen Charakter bald in noch entschiedenerer Weise.

4. Die Umgestaltung der Bau-Akademie und das Directorat Eytelwein 1824—1831.

In Folge einer Cabinetsordre vom 31. December 1823 wurde im April 1824 die Bau-Akademie wieder von der Kunst-Akademie getrennt und dem Ministerium des Handels und der Gewerbe zugewiesen. Sie sollte fortan hauptsächlich das Technische des Bauwesens pflegen und die Bildung tüchtiger Feldmesser und Provincial-Baumeister im Auge haben. Der Unterricht in den höheren, ästhetischen Fächern der Baukunst sollte aber bei der Akademie der Künste verbleiben.

Mit der Leitung der Bau-Akademie ward der Ober-Landesbaudirector Eytelwein betraut.

Unterdessen waren auch festere Bestimmungen bezüglich der, bei der Aufnahme in die Akademie, resp. bei der Zulassung zum Feldmesser- und architektonischen Examen nachzuweisenden Vorkenntnisse getroffen worden. Eine Verfügung des Handelsministeriums, (von welchem die als Prüfungsbehörde wirkende technische Ober-Baudeputation ressortirte,) vom 12. Januar 1822 setzte nämlich fest, dass von Ostern 1823 an jeder Candidat, welcher sich zum Feldmesser- oder architektonischen Examen melde, das Zeugniss eines Gymnasiums beizubringen habe, dass er aus Secunda als tüchtig entlassen worden, wogegen diejenigen, welche ihre Bildung nicht auf einem Gymnasium erhalten haben, das Prüfungsattest eines solchen beibringen sollen, dass sie die zur Entlassung aus Secunda erforderlichen Kenntnisse besitzen.[1]

Das Unterrichtsjahr sollte fortan am 1. October beginnen. Für die Ferien wurden die Monate März und September bestimmt. Die Theilnahme der Eleven an den Vorlesungen sollte einer strengen Controle unterworfen und jedes Semester mit Repetitionen geschlossen werden.

Am 1. October 1824 begann der Unterricht nach dem neuen Studienplan und zum grossen Theil mit neuen Lehrkräften.

Der Unterrichtsplan weist für das Studienjahr 1824/1825 nachstehende Gegenstände auf, die in folgender Weise vertreten waren:

[1] Wochenblatt für Arch. u. Ing. I, S. 146.

1. Arithmetik, Algebra, Elementargeometrie.	Dr. OHM, zugleich Professor an der Universität, (der jetzt an die Stelle des, nach kurzer Lehrthätigkeit an der Bau-Akademie wieder ausgeschiedenen Dr. LEHMUS trat.)
2. Trigonometrie, Körperlehre, beschreibende Geometrie, Perspective.	Derselbe.
3. Analysis und höhere Geometrie.	Geh. Hofrath Professor GRÜSON.
4. Praktische Geometrie.	Professor BERGHAUS.
5. Statik fester Körper und Hydrostatik.	Bau-Inspector Dr. DIETLEIN.
6. Mechanik fester Körper und Hydraulik.	Professor GRÜSON.
7. Maschinenlehre.	Bau-Inspector Dr. DIETLEIN.
8. Allgemeine Baulehre und Construction der einzelnen Theile eines Gebäudes.	Professor und Hof-Bau-Inspector RABE, Mitglied des Senates der Akademie der Künste.
9. Stadtbaukunst.	Derselbe.
10. Ökonomische Baukunst.	Bau-Inspector SCHRAMM.
11. Strassen-, Brücken-, Canal- und Schleusenbau.	Bau-Inspector Dr. DIETLEIN.
12. Strom-, Deich- und Hafenbau.	Derselbe.
13. Maschinenbau.	Ober-Mühlenbau-Inspector SCHWAHN.
14. Physik, Chemie und Mineralogie in Beziehung auf Baukunst.	Professor ACCUM.
15. Situations-Kartenzeichnung.	Professor BERGHAUS und Bau-Inspector JULIUS.
16. Freie Handzeichnung und Bauverzierungen.	Professor RÖSEL, Mitglied der Akademie der Künste.
17. Architektonische und Maschinenzeichnung.	Assessor Prof. MEINECKE und Bau-Inspector SCHRAMM.
18. Modelliren.	EBERHARD.

Die Zahl der Schüler steigerte sich nun bedeutend. Während die Listen für das Wintersemester 1823/24: 56 —, für das Sommersemester 1824: 37 Schüler aufführen, besuchten im Wintersemester 1824/25: 113 —, im Sommer 1825: 85 Schüler die Anstalt. Die Zahl stieg bis 160 im Wintersemester 1826/27, um dann wieder allmälig abzunehmen.

Das Jahr 1824 sah aber nicht blos die Reorganisation der Akademie, sondern auch die Entstehung des Architektenvereins, welcher die Bestrebungen der Akademie, sowohl nach der wissenschaftlichen als nach der künstlerischen Seite in bedeutsamer Weise ergänzte; wurden doch hier allwöchentlich Vorträge über alle Zweige der Baukunst und Bauwissenschaft gehalten, die neuen Erscheinungen auf dem Gebiete der bautechnischen Literatur besprochen, regelmässige wissenschaftliche Lehrkurse und Übungen im Entwerfen nebst monatlichen Concurrenzen organisirt, lehrreiche Excursionen, bald auch literarische Publicationen veranstaltet.[1] Einen ähnlichen Verein, wenn auch in viel kleinerem Maassstabe — es traten damals sieben Architekten zusammen — hatte FRIEDRICH

[1] S. HOBRECHT, Rede am Schinkelfeste und fünfzigjährigen Stiftungstage des Architektenvereins, in der Zeitschrift für Bauwesen 1874 S. 410 ff.

Gilly wenige Jahre vor seinem Tode, in der Entstehungszeit der Bau-Akademie, begründet. In allwöchentlichen Versammlungen übte man sich damals im Entwerfen aus dem Stegreife, betrachtete neue literarische Erscheinungen, gelegentlich wurden Vorträge gehalten und das Fach berührende Tagesfragen besprochen.

Wir erinnern uns, dass am Schluss des Jahres 1823 der eigentlich künstlerische Theil der Architektur der Hauptsache nach von dem Unterrichte an der Bau-Akademie abgezweigt worden. Noch in einem Ministerial-Erlasse vom 22. November 1828 finden wir die Angabe: der ästhetische Theil der Baukunst werde nicht bei der Bau-Akademie, sondern bei der Akademie der Künste vorgetragen. Offenbar aber hatte sich damals bereits der Übelstand, der in einer solchen Zerspaltung des Gesammtgebietes der architektonischen Ausbildung lag, fühlbar gemacht, denn durch die Einrichtung eines neuen Unterrichts im Entwerfen und Zeichnen von Gebäuden, der Wilhelm Stier vom 1. April 1828 an übertragen worden, hatte man einen Schritt zur Wiedereinführung des ästhetischen Theiles der Baukunst oder zur Ergänzung der geringen Überreste, welche nach dieser Seite hin der Bau-Akademie verblieben waren, gethan.

Und eine glücklichere Wahl des Lehrers hätte nicht getroffen werden können. Wilhelm Stier (geb. 8. Mai 1799, † 19. September 1856) hatte, nach Vollendung seines Gymnasial-Unterrichts, von 1815 bis 1817 auf der Berliner Bau-Akademie, an welcher, seiner eigenen Aussage nach, damals freilich ein eigentlicher Unterricht im Entwerfen gar nicht vorhanden war, seine Architekturstudien begonnen und war dann etwa vier Jahre hindurch als Bauführer vornehmlich in der Rheinprovinz thätig gewesen. In Düsseldorf hatte er sich mit den dort befindlichen literarischen Hülfsmitteln bekannt gemacht, und datirte von daher die Grundlage seiner künstlerischen Bildung.

Dann begannen seine Wanderjahre. Zuerst finden wir ihn in Paris und im südöstlichen Frankreich, wo er besonders den zahlreichen Schlössern aus der Renaissance-Periode sein Augenmerk zuwendete. Fünf Jahre verlebte er darauf in Italien. Von der Grossartigkeit der antiken Baureste ergriffen, versenkte er sich vornehmlich ins Studium des alten Rom; auch die antiken Bauten auf Sicilien und in Pompeji fesselten seine Aufmerksamkeit. Der Vielseitigkeit seines Geistes aber entsprach es, dass er sich auch gegen die Schönheit der mittelalterlichen und Renaissance-Kunst nicht verschloss.

Erfüllt von all dem Herrlichen, das er auf seinen Reisen in sich aufgenommen, trat er sein Lehramt an der Akademie an. Durch ihn kam ein frischer Geist in das Architektur-Studium. Dem ihm zu Theil

gewordenen Auftrag, eine Classe für architektonische Erfindung zu begründen, kam er in eifrigster und zugleich geistreicher Weise nach. Da er fast völligen Mangel an künstlerischer und kunstgeschichtlicher Vorbildung unter den Studirenden fand, richtete er einen Vortrag über »Monumente der Baukunst« ein, welcher sich über alle Hauptepochen der Baugeschichte erstreckte und durch Studienreisen in der Ferienzeit ergänzt wurde. Seine Übungen im Entwerfen bezeichneten in gewissem Sinne einen Gegensatz zu der damals waltenden Strömung in der Berliner Architektur, insofern in denselben dem malerischen Princip und, bei sorgfältigster Behandlung der Antike, doch auch dem Mittelalter und der Renaissance ihr Recht zu Theil wurde. Die Aufgaben, die er für den Zweck der Erfindung stellte, bestanden in fest umschriebenen Programmen, bei denen eine bestimmte Stilform zur Bedingung gemacht wurde. Die Erklärung derselben nach ihren besonders charakteristischen Zügen ging der Bearbeitung vorher. Auf diese Weise erwachte unter den Studirenden eine rege Theilnahme für die historische Gestaltung ihres Faches. Stier ward der Begründer der »jüngeren Berliner Bauschule«.

Nachdem bei der im Jahre 1831 stattgefundenen, sogleich zu besprechenden abermaligen Reorganisation der Bau-Akademie Stier's Classe für Erfindung aufgehoben worden, widmete er sich noch eingehender als bisher der Geschichte der Baukunst und wusste durch seine geistreichen und phantasievoll belebten Vorträge seine Zuhörer ebensowohl für die Erforschung des Wesens und der Geschichte der Architektur wie für neue schöpferische Versuche auf ihrem Gebiete zu begeistern.[1]

Als gegen Schluss dieses Zeitraumes, am 23. Juli 1829, der Ober-Landesbaudirector Eytelwein das fünfzigste Jahr seiner verdienstvollen Amtswirksamkeit beschlossen hatte, ward zum Andenken an diesen Tag von den im Staats- und Communaldienst angestellten Baumeistern ein Eytelwein-Stipendium begründet, welches in erster Reihe, an der Bau-Akademie studirenden Söhnen preussischer Staats- oder Communal-Baumeister zu Gute kommen und von der Ober-Baudeputation verwaltet werden sollte.[2]

Bald darauf, im Jahre 1830, sah sich Eytelwein seiner geschwächten Gesundheit wegen genöthigt, seine Entlassung aus dem Staatsdienst nachzusuchen; doch blieb er bis ins tiefe Greisenalter literarisch thätig.

[1] S. den Nekrolog im Deutschen Kunstblatt. Berlin 1856 S. 271 ff.
[2] Gegenwärtig liegt die Verwaltung dieser Stiftung der Akademie des Bauwesens ob.

5. Die Allgemeine Bauschule unter BEUTH 1831—1845.

Als im Jahre 1831 BEUTH unter dem Ministerium SCHUCKMANN die Leitung der Bau-Akademie übernahm, ging er an eine Neugestaltung des gesammten Vorbildungs- und Prüfungswesens für den Staatsbaudienst und dem entsprechend auch an eine abermalige Reorganisation der Bau-Akademie.

Aus einem, diese Verhältnisse behandelnden Immediatberichte vom 6. August 1831 heben wir Folgendes hervor: »Das Fehlerhafte des bisherigen Zustandes bestand darin, dass man von allen Candidaten eine gleiche und vollständige Qualification in allen Zweigen der Baukunst forderte: der Candidat sollte das landwirthschaftliche Gebäude wie den Palast, den Strassen- und Hafenbau, den einfachen wie den schwierigsten Maschinenbau inne haben.« »Die Nachtheile dieser Einrichtung sind bei dem grossen Umfange der Bauwissenschaften augenscheinlich. Alle ohne Unterschied, ohne Rücksicht auf Fähigkeiten und Neigung mussten einen grossen Aufwand von Zeit, Geld und Kräften machen, um die höchsten Stufen der Wissenschaften zu erreichen, um Dinge zu lernen, von welchen sie bei den meisten Anstellungen in ihrem übrigen Leben nie einen Gebrauch zu machen Gelegenheit hatten.« Als gewöhnliche Folge dieses Umstandes wird »Oberflächlichkeit in allen Dingen und Unkenntniss des Gewöhnlichen, täglich in Anwendung Kommenden, mit der Einbildung, welche mit der Oberflächlichkeit verbunden ist«, hingestellt.

Von solchen Gesichtspunkten aus wurden nun das Studium auf der bisherigen Bau-Akademie, welche jetzt den Namen »Allgemeine Bauschule« erhielt, und die Prüfungen für die verschiedenen Kategorieen von Baubeamten eingerichtet. Da die Bestimmungen über diese Prüfungen auf die Einrichtungen an der Bauschule entscheidenden Einfluss hatten, müssen wir einige Augenblicke bei ihnen verweilen.

In den betreffenden Vorschriften vom 8. September 1831 heisst es unter I. *Feldmesser*. §. 1: »Der Feldmesser soll die Kenntnisse nachweisen, welche zur Entlassung als reif aus der zweiten Classe eines Gymnasiums erfordert werden, oder die Reife einer Classe einer anderen Lehranstalt, welche das Ministerium des Innern, für Handel, Gewerbe und Bauwesen ihr gleichachtet ... Der Feldmesser muss ferner vor seiner Prüfung als solcher, bei einem oder mehreren Feldmessern oder Katastergeometern wenigstens überhaupt ein Jahr lang in Ausführung von Vermessungen und Nivellements gearbeitet ... haben.« §. 7. Feldmesser sollen bei öffentlichen Bauten nicht beschäftigt werden.

Unter II. *Baubeamte des Staates* lesen wir:

§. 8. Es soll fortan eine mehrfache Befähigung der Bau-Beamten stattfinden:

1. Als Baumeister (Wege- und Landbaumeister zugleich).
2. Als Bau-Inspectoren.

Letztere können sich entweder blos

a) dem Wasserbau und Maschinenbau; oder blos
b) dem Stadtbau und Prachtbau widmen; oder
c) die Kenntnisse zu a und b in sich vereinigen.

Dass durch diese Bestimmung mit der Scheidung der Architektur und des Ingenieurwesens doch noch keineswegs Ernst gemacht wurde, geht daraus hervor, dass nur solche Bau-Inspectoren, welche die Prüfung sowohl im Wasser- als im Landbau bestanden, für die höheren Stellen im Staatsdienste qualificirt sein sollten, resp. zu Regierungs- und Bauräthen avanciren konnten.

§. 9. Der Land- und Wege-Baumeister muss wenigstens die Schulkenntnisse nachweisen, welche für die Feldmesser vorgeschrieben sind . . .; er muss sich ferner als Feldmesser bewährt und als solcher ein unbedingtes Fähigkeitszeugniss erhalten haben.

Laut §. 11 soll für den Land- und Wege-Baumeister eine doppelte Prüfung eintreten: eine Vorprüfung, welche vorzüglich den theoretischen Theil des Lehrganges zum Gegenstand hat, und eine Nachprüfung, die sich hauptsächlich auf das Praktische beziehen soll. Die Zulassung zur Nachprüfung ist an den Nachweis geknüpft, dass der Candidat nach der Vorprüfung zwei volle Jahre hindurch unter der Leitung eines Baubeamten des Staates bei praktischen Bau-Ausführungen im Land- und Chausséebau beschäftigt war.

Zur Bau-Inspector-Prüfung wird nach §. 16 nur derjenige zugelassen, der das Baumeister-Examen vorzüglich bestanden hat. Auch die Prüfung zum Bau-Inspector zerfällt nach §. 18 in eine Vorprüfung und eine Nachprüfung.

Aus diesen Bestimmungen ergiebt sich, dass ein Baubeamter, der auf eine höhere Stellung im Staatsdienste Anspruch machte, mindestens fünf Prüfungen zu bestehen hatte.

Der Besuch der Allgemeinen Bauschule ist zwar nicht zur Vorbedingung für die Zulassung zu den Prüfungen gemacht, doch sollten ihre Zöglinge bei Anstellungen »vorzugsweise Berücksichtigung« finden.

Aus den, die Bauschule betreffenden Bestimmungen heben wir folgende hervor:

Diejenigen Candidaten, welche sich dem Staatsdienste widmen, müssen ihrer Anmeldung, ausser dem Zeugnisse ihrer Prüfung als Feld-

messer, ein Zeugniss der Reife der zweiten Classe eines Gymnasiums oder einer qualificirt erachteten anderen Schule (s. oben) beilegen. Für diejenigen, welche sich zu Privat-Baumeistern ausbilden wollen, genügen ähnliche Zeugnisse der Reife der dritten Classe.

Den Zöglingen wurde zur Pflicht gemacht, sämmtlichen Vorlesungen, welche einen Lehrgang bilden, beizuwohnen. Sie sind während des Unterrichts und bei der Wiederholung der Vorlesungen verpflichtet, vorgelegte Fragen zu beantworten und Vorträge zu halten. Die Anstalt ertheilt nur Zeugnisse der Reife, welche für alle Zweige des Unterrichts gut oder vorzüglich lauten müssen.

Kurz die Reorganisation vom Jahre 1831 entsprach durchaus dem Gedanken, welcher bei der Begründung der Akademie vorgewaltet hatte: sie war und blieb vorwiegend eine Baubeamten-Schule, nur dass jetzt die Übung im Feldmessen bereits vor dem Eintritt gänzlich absolvirt sein musste und dass der Lehrplan im Hinblick auf die verschiedenen Prüfungen streng geregelt ward.

Und zwar wurde für Land- und Wege-Baumeister ein zweijähriger, für angehende Bau-Inspectoren ein einjähriger Cursus eingerichtet. Das Studienjahr wurde vom 1. April an gerechnet. Einige Vorlesungen wurden gemeinschaftlich für das mittlerweile ins Leben getretene Gewerbe-Institut und die Bauschule in dem Gebäude des erstern gehalten.

Der Baumeister-Cursus umfasste nachstehende Lehrfächer:

Erstes Semester.

1. Physik.	Professor Schubarth, im Gewerbe-Institut.
2. Niedere Analysis; ebene und sphärische Trigonometrie; analytische Geometrie, Stereometrie und beschreibende Geometrie.	Professor Dirichlet, im Gewerbe-Institut.
3. Bau-Constructionslehre.	Bau-Inspector Linke (bis 1848).
4. Vortrag über antike Monumente. 5. Architektur-Zeichnen.	W. Stier.
6. Geometrische Schattenconstruction und Perspective.	Land-Baumeister Brix.
7. Landschafts-Zeichnen.	Professor Rösel.

Unabhängig von diesem Lehrplan hielt Professor Accum Vorlesungen über Physik, Chemie und Mineralogie.

Zweites Semester.

1. Chemie.	Professor Schubarth.
2. Botanik.	Professor Kunth (bis 1849).
3. Statik fester Körper.	Brix, an zwei Tagen im Gewerbe-Institut, an einem in der Bauschule.
4. Bau-Constructionslehre.	Bau-Inspector Linke.
5. Constructionslehre einfacher Maschinen.	Ober-Mühlen- und Bau-Inspector Schwahn.
6. Vortrag über antike Monumente. 7. Architektur-Zeichnen.	W. Stier.
8. Landschafts-Zeichnen.	Professor Rösel.

Drittes Semester.

1.	Technische Mineralogie.	Professor Köhler (seit 1833).
2.	Praktische Anwendungen der Statik fester Körper.	Brix.
3.	Vortrag über Maschinendetails und Zeichnen derselben.	Fabriken-Commissionsrath Wedding.
4.	Elemente der Wasserbaukunst.	Linke.
5.	Cameral-Bau.	
6.	Freies Handzeichnen.	W. Stier.

Viertes Semester.

1.	Mechanik fester Köper, Hydrodynamik und Aërodynamik.	Brix.
2.	Construction der gebräuchlichsten Maschinen und deren Kostenberechnung.	Wedding (bis 1837); dann Baumeister (jetzt Geheimer Ober-Baurath) Salzenberg.
3.	Ornament-Zeichnen.	W. Stier.
4.	Unterricht im Veranschlagen.	Linke. In den Jahren 1847 bis 1849 auch Baurath Stein.
5.	Vortrag über Bauführung und Geschäftsgang etc.	
6.	Vortrag über Wegebau.	

Für den einjährigen Cursus der angehenden Bau-Inspectoren waren folgende Unterrichtsgegenstände bestimmt:[1]

Erstes Semester.

1.	Höhere Analysis und Curvenlehre.	Dr. Minding (seit 1835).
2.	Vortrag über Maschinen zusammengesetzter Art.	Wedding.
3.	Vortrag über Stadtbaukunst.	Baurath und Director Stüler (seit 1834).
4.	Entwerfen von Stadtgebäuden.	
5.	Höhere Geodäsie.	Professor Berghaus.

Zweites Semester.

1.	Analytische Dynamik.	Dr. Minding.
2.	Entwerfen und Berechnen zusammengesetzter Maschinen.	Wedding.
3.	Entwerfen von Gebäuden in höherem Stil.	Stüler.
4.	Vergleichende Geschichte der Baukunst.	W. Stier.
5.	Allgemeine Wasserbaukunst.	Ober-Baurath Hagen.

In den Beginn von Beuth's Direction fällt die Übersiedelung der Anstalt in das neue, 1832—1835 errichtete Gebäude am Werderschen Markt, in die unmittelbare Nähe der ersten Heimstätte der Akademie.

Als ein gutes Vorzeichen für die fernere Entwickelung des Instituts konnte es betrachtet werden, dass der Meister der Berliner Architektur, Schinkel, der Erbauer des neuen Hauses war. Auch dass er hier zu dem

[1] Solchen Besuchern, welche sich zu Privat-Baumeistern ausbilden wollten und den Lehrgang für Baumeister bereits vollendet hatten, wurde gestattet, nur diejenigen Vorlesungen des Lehrganges für Bau-Inspectoren zu besuchen, welche zu ihrem Fache gehörten.

von ihm wieder belebten, schon in seiner frühen Jugend liebgewonnenen märkischen Backsteinbau griff, erschien bedeutsam, wenn man der ihm gestellten Aufgabe dachte: ein Bauwerk zu errichten, in welchem die vaterländische architektonische Jugend erzogen werden sollte.[1]

Von den früheren Lehrern waren im Anfang von BEUTH's Directorat ausgeschieden: DIETLEIN, GRÜSON, JULIUS, MEINECKE, OHM, RABE, SCHRAMM.

Wenn wir Umschau halten unter den von BEUTH an die Bauschule neu berufenen Lehrkräften, so finden wir nicht wenige rühmlichst bekannte Namen:

Im Jahre 1834 trat STÜLER (geb. 28. Januar 1800 zu Mühlhausen in Thüringen, † 18. März 1865 in Berlin) in den Lehrkörper ein. Obgleich erst 34 Jahre alt, konnte er bereits auf eine umfangreiche Bauthätigkeit zurückblicken. STÜLER hatte, nach vollendetem Gymnasialunterricht, in den Jahren 1818—1820 gleichzeitig an der Universität und der Bau- und Kunst-Akademie studirt, war dann nach absolvirtem Feldmesser-Examen drei und ein halbes Jahr mit der Leitung von Bauten in Naumburg und Schulpforta betraut gewesen und kehrte 1823 nach Berlin zurück, wo er nun für das Kriegsministerium thätig war. Seine Conducteur-Prüfung im Jahre 1827 fiel glänzend aus. Darauf beschäftigte SCHINKEL den jungen Künstler, dem er das grösste Interesse widmete, bei seinen Bauten. In den Jahren 1829 und 1830 finden wir STÜLER mit seinem Freunde KNOBLAUCH auf einer Studienreise in Frankreich, der Schweiz und Italien.

An der Bau-Akademie hat er von 1834 bis 1842 und dann wieder von 1850 bis 1854 als Lehrer für das Entwerfen öffentlicher Gebäude segensreich gewirkt. Seine Haupt-Bauthätigkeit fällt in die Zeit König Friedrich Wilhelm's IV. Es sei hier nur beispielsweise an das Neue Museum in Berlin, den Ausbau des von DEMMLER begonnenen Schlosses in Schwerin, das Nationalmuseum in Stockholm, die Universität in Königsberg erinnert. In seinen zahlreichen Kirchen-Entwürfen hat er fast alle Formen der christlichen Kirche zu einer edlen harmonischen Erscheinung gebracht. Seine Schöpfungen zeichnen sich meist durch malerische Wirkung aus.[2]

Eine fernere besonders glückliche Berufung war diejenige GUSTAV STIER's (geb. 1807 zu Berlin, † 1880), der in SCHINKEL's Atelier, in welchem er vom Ende der zwanziger Jahre bis 1837 thätig war, als bester Zeichner galt. Später widmete er sich ganz der Lehrthätigkeit.

[1] Vergl. ADLER's Vortrag über die »Bauschule« am SCHINKEL-Fest 1869, in der Zeitschrift für Bauwesen. Jahrg. XIX. 1869. S. 468.

[2] S. LUCAE's Aufsatz über FR. AUG. STÜLER in der Zeitschr. für Bauwesen. Jahrg. XV. (1865).

An der Bau-Akademie wirkte er von 1842 bis 1861 mit unermüdlichem Eifer. Zeitweilig übernahm er STÜLER's Vortrag über die wichtigsten Arten von Privat- und öffentlichen Bauten, trug über ökonomische Baukunst vor und ertheilte nach dem Tode seines Bruders WILHELM im Jahre 1856, den Unterricht in den Formen der antiken Architektur. Seine Befähigung zum Lehrer war eine aussergewöhnliche. Die Gabe eines hinreissenden Vortrags, wie sein Bruder sie hatte, ging ihm zwar ab, sein stetig verfolgtes Ziel aber: gründliche, eingehendste Belehrung, erreichte er bei Jedem, der etwas lernen wollte. Mit liebevollem Eifer mühte er sich, auf die Individualität seiner Schüler einzugehen.[1] Die historischen Formen der Architektur beherrschte er in hervorragendem Maasse.

Von 1835 bis 1850 wirkte GOTTHILF HEINRICH LUDWIG HAGEN (geb. 3. März 1797 in Königsberg in Preussen, † 3. Februar 1884 zu Berlin) als Lehrer an der Bauschule. Nach früher Absolvirung des Gymnasiums besuchte HAGEN die Universität seiner Vaterstadt, wo ihn der Astronom BESSEL besonders anzog. Mit 22 Jahren widmete er sich dem Baufache. Noch in demselben Jahre (1819) absolvirte er die Feldmesser-Prüfung, 1822 die architektonische. Nun folgte eine anderthalbjährige Studienreise durch Deutschland, Frankreich, Holland und Nord-Italien. 1826 veröffentlichte er seine erste Arbeit: »Beschreibung neuerer Wasserwerke in Deutschland etc.«, die günstige Aufnahme fand.

Eine fünfjährige Thätigkeit als Hafenbau-Inspector in Pillau förderte ihn in seiner wissenschaftlich-technischen Entwickelung. 1831 ward er als Ober-Baurath in die Technische Bau-Deputation in Berlin behufs Leitung der Wasserbau-Sachen Rheinlands und Westfalens berufen, wozu dann die Lehrthätigkeit an der Bauschule sowie an der Vereinigten Artillerie- und Ingenieurschule kam. 1847 erfolgte die Beförderung zum Geheimen Ober-Baurath, 1850 der Eintritt in das Handels-Ministerium als vortragender Rath. Von 1866 an bekleidete er den Posten eines Ober-Baudirectors, in welcher Eigenschaft er den wohlthätigsten Einfluss auf die Pflege und Verbesserung der Häfen und Wasserstrassen ausübte. Erst im Jahre 1876 verliess der Neunundsiebzigjährige, der sich bei seiner unermüdlichen Thätigkeit eine seltene körperliche und geistige Frische bewahrt hatte, den Staatsdienst, wobei ihm der Charakter eines »Wirklichen Geheimen Rathes« mit dem Prädicat »Excellenz« verliehen wurde. Bis zu seinem Lebensende war er wissenschaftlich thätig und wirkte auch nach dem Austritt aus dem Staatsdienste wiederholt als Sachverständiger bei wichtigen Fragen mit. HAGEN's schriftstellerische Leistun-

[1] S. den Nekrolog in der Deutschen Bauzeitung. Jahrg. XIV. 1880. S. 520.

gen sind von höchster Bedeutung und hatten schon 1842 auf ALEXANDER VON HUMBOLDT's Vorschlag seine Aufnahme in die Berliner Akademie der Wissenschaften bewirkt. Als Mensch zeichnete sich HAGEN durch wahre Herzensgüte und echte Bescheidenheit aus. Die allgemeine Hochachtung und Liebe, deren er sich erfreute, kam bei seinem fünfzigjährigen Dienstjubiläum 1869 in schöner Weise zum Ausdruck. Gelegentlich desselben trat die »HAGEN'sche Stipendien-Stiftung zur Unterstützung unbemittelter Architekten und Ingenieure während der Studienzeit« ins Leben.[1]

Eine langjährige erfolgreiche Lehrthätigkeit widmete AD. FERD. WENCESLAUS BRIX (geb. 20. Februar 1798 zu Wesel, † 14. Februar 1870 zu Charlottenburg) der Anstalt, indem er von 1832 bis 1866 an derselben wirkte. Am Gewerbe-Institut lehrte er von 1828 bis 1850. Es sei hier ferner an seine vielseitige Thätigkeit im Gebiete der technischen Gewerbe und des Fabrikwesens, sowie an seine Betheiligung vorzugsweise als Constructeur an öffentlichen Bauten: Fontainen-Anlagen in Sanssouci, Eisenconstruction der Schlosskuppel in Berlin etc. erinnert. Auch durch eine Reihe werthvoller literarischer Arbeiten, so namentlich durch sein »Lehrbuch der Statik und Mechanik« hat sich BRIX hervorgethan.[2] Im Jahre 1866 wurde er zum Geheimen Ober-Regierungsrath befördert. BRIX gehörte zu den Begründern des Architekten-Vereins.

Von 1832 bis 1834 finden wir ferner Professor PETER GUSTAV LEJEUNE-DIRICHLET (geb. zu Düren, 13. Februar 1805, † zu Göttingen 5. Mai 1859) an der Bauschule als Lehrer der Mathematik und Physik thätig. Der Universität Berlin gehörte DIRICHLET bereits seit 1829 an und wurde 1832 Mitglied der Akademie der Wissenschaften. Im Jahre 1855 ward er an GAUSS' Stelle nach Göttingen berufen.

»Seinen Schülern ist die wunderbare Klarheit unvergesslich, mit welcher DIRICHLET die Hauptmomente schwieriger Beweisführungen im Voraus anzudeuten und dadurch ein ununterbrochenes geistiges Mitschaffen seinen Zuhörern zu ermöglichen wusste, ebenso unvergesslich auch die Fülle von kurzen gelegentlichen Nebenbemerkungen, welche den Keim neuer Untersuchungen in sich trugen.«[3]

Auch der Mathematiker MINDING hat von 1835 bis zu seiner Berufung an die Universität Dorpat (1843) an unserer Anstalt gelehrt. An seine Stelle trat Dr. KRICK, der bis zum Jahre 1864 als Professor thätig war.

[1] S. die Nekrologe in der Deutschen Bauzeitung 1884. S. 89. 90; im Wochenblatt für Arch. u. Ing. Jahrg. VI. (1884) S. 55 und ebenda S. 115 den Auszug aus DRESEL's Rede auf HAGEN am SCHINKEL-Feste des Architektenvereins.

[2] S. den Artikel von KARMARSCH in der Allg. Deutschen Biographie III. S. 335. — Nekrolog in der Deutschen Bauzeitung Jahrg. IV (1870) S. 95 ff.

[3] S. CANTOR's Artikel in der Allg. Deutschen Biographie.

Der rühmlichst bekannte Botaniker Kunth (geb. zu Leipzig 18. Juni 1788, † in Berlin 22. März 1850) befand sich bis kurz vor seinem Ende unter den Lehrern der Bauschule.

In dieser Periode begannen auch Bötticher und Biermann ihre langjährige Lehrthätigkeit: Ersterer übernahm vom 1. November 1839 an den bis dahin von W. Stier ertheilten Unterricht im Freihand- und Ornamentzeichnen; Letzterer eröffnete 1842 seine regelmässige Lehrthätigkeit, nachdem er bereits seit 1835 wiederholt den Professor Rösel vertreten hatte.

Von 1837 an wirkte Salzenberg an der Bauschule bis zu seiner Reise nach Constantinopel im Jahre 1847, welche der Wissenschaft die für die Kenntniss der byzantinischen Kunst epochemachende Publication der Sophienkirche eintrug. An seine Stelle trat Wiebe.

In einem eigenthümlichen Contrast steht zu dem Umstande, dass so bedeutende Männer durch Beuth berufen wurden, die durchaus schulmässige Verfassung, die er der Anstalt gegeben hatte. Man sollte denken: jungen Männern, denen man zutraute, die Unterweisung solcher Lehrer in Kunst und Wissenschaft sich ganz zu Nutzen zu machen, musste auch das Vertrauen geschenkt werden, dass sie ohne Collegienzwang den Unterricht besuchen würden. Vor Allem aber musste die individuelle Entwickelung des Einzelnen und die künstlerische Seite des Baufaches darunter leiden, dass alle »Zöglinge« den im Hinblick auf die Staatsprüfungen festgestellten Lehrplan in gleichmässiger Weise absolviren mussten.

6. Der Übergang von der Allgemeinen Bauschule zu der neubegründeten Bau-Akademie. 1845 — 1849.

So machte sich denn auch bald nach dem Rücktritt Beuth's im Jahre 1845, unter dessen Nachfolger, dem Geheimen Ober-Finanzrath von Pommer Esche, das Bedürfniss einer abermaligen Reform geltend.

Stüler, der im Jahre 1842 in die Ober-Baudeputation eingetreten war, wies 1846 in einer Denkschrift auf einige der wesentlichsten Missstände hin:

»Die Bauschule«, meinte er, »verfolge nicht genug die Ausbildung der künstlerischen Fähigkeit und stelle diese den wissenschaftlichen und theoretischen Leistungen gegenüber zurück. Diese Richtung der Anstalt erkläre sich zwar aus der vorzugsweise an sie gestellten Anforderung,

Beamte für die Bau-Verwaltung auszubilden, genüge aber nicht für die Ausbildung von Architekten.« Er wies auf den Bildungsgang der englischen und französischen Baumeister hin und forderte von den Bauschülern eine bereits erlangte Kunstfertigkeit beim Eintritt in die Anstalt. Ferner wünschte er, dass der Lehrgang, unter Beseitigung zu weit gehenden Theoretisirens in den Hülfswissenschaften, darauf eingerichtet werde, mehr Zeit für die Ausübung der Kunstfertigkeit zu gewinnen, dass dem Vortrag mancher Disciplinen eine mehr praktische Richtung gegeben, endlich, dass die Fächer der Architektur und des Ingenieurwesens schärfer getrennt werden.

Im Jahre 1848 beschwerten sich die Schüler darüber, dass die Einrichtungen an der Schule jeder freien und künstlerischen Entwickelung hemmend entgegenträten und nur gegeben schienen, um die angehenden Architekten schon in der Studienzeit an den Zwang der Bureaukratie zu gewöhnen. Sie wünschten Umwandlung der »Bauschule« in eine »Bau-Akademie« und Gewährung voller Lernfreiheit.

Inzwischen hatten sich auch einige Lehrer der Anstalt mit der Reformfrage beschäftigt. Sie reichten detaillirte Vorschläge ein, welche von ähnlichen Gesichtspunkten ausgingen, wie sie bereits Stüler geltend gemacht hatte.

Auch der gleichfalls zu Vorschlägen aufgeforderte Architektenverein erachtete eine durchgreifende Umgestaltung sowohl der Einrichtungen der Bauschule als der Prüfungs-Vorschriften für nothwendig. Allgemein forderte man Beseitigung der dem Studium vorangehenden Ausbildung als Feldmesser, und Einführung einer an die Stelle tretenden einjährigen praktischen Vorbildung bei einem Baumeister. In Bezug auf die wissenschaftliche Vorbildung sollte die Reife für die Universität zur Bedingung gemacht werden. Die Prüfung sollte in eine Bauführer- und eine Baumeister-Prüfung getrennt, und bei der letzteren sollten die Architekten von den Ingenieuren ganz geschieden werden.

Mittlerweile hatten vom Sommer 1848 bis zum 1. August 1849 rasch nach einander der Ober-Baudirector Schmid, unter Assistenz der Geheimen Ober-Bauräthe Hagen und Busse, und, nach des Ersteren Erkrankung, die Geheimen Ober-Bauräthe Severin, Busse und Hagen die Directorial-Geschäfte geführt.

In Betreff des Besuches der Allgemeinen Bauschule ist Folgendes zu bemerken:

Nachdem die Zahl der Akademiker noch im Wintersemester 1829/30: 139, und im Wintersemester 1830/31: 116 betragen hatte, war die Zahl der Zöglinge der Bauschule ausserordentlich herabgegangen. Im Winter 1831/32 sind noch 99 verzeichnet, im darauf folgenden Jahr aber nur 32.

Am tiefsten sank die Schülerzahl im Wintersemester 1835/36, nämlich auf 26. Von 1838 bis 1842 schwankt sie zwischen 44 und 49. Dann findet ein allmäliges Steigen statt, so dass die Schülerzahl kurz vor der Wiederherstellung der Bau-Akademie im Jahre 1849: 202 erreicht hatte.

Ehe wir zur Schilderung dieses neuen Abschnittes gehen, ist der, in diese Übergangszeit fallenden Begründung eines Vereins an der Anstalt zu erwähnen, welcher bis auf den heutigen Tag mittelst der in ihm waltenden fröhlichen, durch künstlerische Bestrebungen gehobenen Geselligkeit ein schönes Band um zahlreiche gegenwärtige und frühere Studirende schlingt. Zur Stiftung des »Motiv« gab die Feier des Geburtstages Wilhelm Stier's am 8. Mai 1847 den Anlass. Die Feier fand, wie es schon seit mehreren Jahren Brauch gewesen, in Gemeinschaft mit dem verehrten Meister in Tegel statt. Bei den Vorbereitungen dazu war der Wunsch rege geworden, an Stelle der zu diesem Zwecke veranstalteten Zusammenkünfte, Gesangsübungen etc. eine ständige Vereinigung treten zu lassen. So entstand der Verein »Motiv«, dessen Name ein Lieblingswort Stier's war, und fand eine so günstige Aufnahme, dass sich bald aus dem einfachen Gesangkränzchen ein allgemeiner Verein zur Förderung gesellschaftlicher und künstlerischer Zwecke entwickelte. Bald hatte derselbe eine schwere Probe zu bestehen, da das Jahr 1848 nicht dazu angethan war, ein harmloses geselliges Leben zu begünstigen. Bezeichnend für die damals herrschende allgemeine Erregung ist es, dass in einer Februarsitzung des Vereins jene Statutenbestimmung, wonach Politik und Religion von jeder Besprechung ausgeschlossen sein sollten, zeitweilig aufgehoben ward. Auch wurden die Versammlungen nur schwach besucht, um bald gänzlich auszufallen. Die Bauschüler schlossen sich unter Leitung des Geheimen Ober-Baurath Hagen dem Künstlercorps an; sie erhielten altdeutsche Wämser, breite Krempenhüte mit wallenden Federn und wurden mit Flinten versehen; die Waffenkammer befand sich in der Bauschule.

Seit dem Jahre 1849 blühte der Verein wieder fröhlich auf.[1]

Alljährlich begeht das »Motiv« am Geburtstage Stier's eine pietätvolle Morgenfeier an dessen Grabe.

[1] S. Album des »Motiv«, 1856. — Koss, Geschichte des Architektenvereins »Motiv«.

7. Die Bau-Akademie unter dem Directorium Busse.
1849—1866.

Unter dem 1. August 1849 erschienen neue »Vorschriften für die Bau-Akademie«, wonach dieser alte Name wieder eingeführt und die Leitung der Akademie einem Directorium übertragen wurde, welches aus einem, vom Minister ernannten Director, als ausführenden Vorstand, und zwei Mitgliedern der Ober-Baudeputation, »die für alle zu collegialischer Behandlung geeigneten Gegenstände dem Director zur Seite stehen«, zusammengesetzt wurde. »Die Letzteren werden vom Minister so ausgewählt, dass sie die beiden Richtungen für Land- und Schönbau einerseits, und für Wege-, Eisenbahn- und Wasserbau andererseits vertreten«.

Ernannt wurden: zum Director — der Geheime Ober-Baurath Busse, zu Mitgliedern des Directoriums — der Geheime Ober-Baurath Stüler und der Ober-Baurath Hartwich.

Carl Ferdinand Busse blickte damals bereits auf ein bewegtes und thatenreiches Leben zurück. Im Jahre 1802 auf dem Gute Prillwitz bei Stargard geboren, hatte er seine erste Bildung bei einem Dorfprediger erhalten und war dann, da sich früh die Neigung zur Architektur zeigte, zu einem Landbaumeister in Stargard in die Lehre gekommen. 1822 hatte er die Bau-Akademie bezogen, und wirkte dann nach Ablegung des ersten Examens eine Zeit lang als Feldmesser. 1825 nach Berlin zurückgekehrt, setzte er seine theoretischen Studien fort und wurde gleichzeitig als Hilfsarbeiter bei der Ober-Baudeputation verwendet. Nachdem er 1827 das grosse architektonische Examen bestanden hatte, ward er mit grösseren Aufträgen betraut, insbesondere mit der Ausführung der von Schinkel entworfenen Kirche zu Straupitz und demnächst mit der Ausarbeitung des Bauplanes für ein neues Universitätsgebäude in Halle, sowie eines Planes zum Ausbau der Moritzburg daselbst. Nach Vollendung dieser Arbeiten wurde Busse als Bau-Inspector nach Swinemünde, darauf im Jahre 1830 zum Gehülfen des Ober-Baudirector Schinkel berufen, eine Stellung, welche ihm zugleich zur praktischen Ausübung seiner Kunst reiche Gelegenheit bot. Im Jahre 1837 zum ordentlichen Mitglied der Ober-Baudeputation befördert, war er besonders mit den fiscalischen Bauten in der Rheinprovinz, Westfalen und Schlesien beschäftigt; 1841 erfolgte seine Beförderung zum Geheimen Ober-Baurath, 1855 die Wahl zum ordentlichen Mitglied der Akademie der Künste.[1]

[1] S. Zur Chronik der Akademie der Künste. Katalog der Kunstausstellung 1868.

Am 1. August 1849 wurden, unter Berücksichtigung der im vorigen Abschnitte erwähnten Reformvorschläge, neue Prüfungsvorschriften erlassen, deren wesentlicher Inhalt folgender ist: Die Zulassung zu der, für beide Fachrichtungen gemeinschaftlichen Bauführerprüfung wurde von der Absolvirung eines Gymnasiums oder einer qualificirt erachteten höheren Realschule, einer einjährigen praktischen Thätigkeit unter Leitung eines oder mehrerer geprüfter Baumeister und einem hierauf folgenden zweijährigen Studium abhängig gemacht. Die Baumeisterprüfung sollte zwar getrennt für Land- und Schönbau, und für Wege- und Wasserbau abgelegt werden können, und in diesem Falle sollte, neben einer weiteren, mindestens einjährigen Studienzeit, eine praktische Beschäftigung von zweijähriger Dauer nach Ablegung der Bauführerprüfung erforderlich sein; es wurde jedoch auch eine gemeinschaftliche Ablegung der Baumeisterprüfung in beiden Fächern vorgesehen, und für diesen Falle in zweijähriges Studium und eine dreijährige praktische Thätigkeit vorgeschrieben.

Behufs Zulassung zur Prüfung als Privat-Baumeister ist bei der Meldung von den Candidaten der Nachweis zu führen: a) darüber, dass sie das Handwerk eines Maurers, Zimmermanns oder Steinmetzen praktisch erlernt und die betreffende Meisterprüfung bestanden haben; b) über eine darauf folgende mindestens dreijährige Studienzeit.

Die Einrichtungen der Bau-Akademie erhielten die entsprechende Form.

An die Stelle des Cursus für Land- und Wegebaumeister trat derjenige für Bauführer, während der bisherige einjährige Cursus für Bau-Inspectoren beider Fächer in einen einjährigen Baumeister-Cursus für Land- und Schönbau und einen gleichfalls einjährigen Baumeister-Cursus für Wege- und Wasserbau, einschliesslich des Eisenbahnbaues, zerlegt wurde. Ein Zwang zum Besuch bestimmter Collegien fand ferner nicht statt.

Bezüglich der Lehrkräfte bestimmte man, dass für die Hauptgegenstände des Unterrichts »ordentliche Lehrer« von dem Minister, auf Vorschlag des Directoriums, etatsmässig angestellt werden sollten. Diese Form der Anstellung war bei der Bauschule nicht üblich gewesen, vielmehr wurden die Lehrer, (in der Regel gleichzeitig in anderen Dienstverhältnissen stehende Männer), für jeden Cursus gegen ein, nach der Zahl der zu gebenden Unterrichtsstunden bemessenes Honorar engagirt. Neben dem ordentlichen sollte die Ertheilung ausserordentlichen Unterrichts zugelassen und möglichst gefördert werden: jedem ordentlichen Lehrer, jedem Baumeister, sowie jedem Professor oder Lehrer einer anderen höheren Lehranstalt konnte von dem Directorium gestattet werden, Vorträge über hierher gehörige Gegenstände zu halten oder Unterricht zu ertheilen.

Zur Berathung über den Lehrplan und zur Erörterung, den Unterricht betreffender Gegenstände sollten fortan regelmässig Conferenzen stattfinden, an welchen sämmtliche ordentliche Lehrer Theil zu nehmen hatten.

Dem ordentlichen Unterricht wurde nun folgender Lehrplan zu Grunde gelegt.

I. Lehrgang für Bauführer.

Algebra und niedere Analysis.	Dr. (später Professor) Krick (bis 1864).
Geometrie und sphärische Trigonometrie.	Derselbe.
Stereometrie, beschreibende Geometrie nebst Projectionslehre.	Professor Dr. Ringleb (bis 1859).
Feldmessen und Nivelliren.	Dr. Krick.
Perspective und Schattenconstruction.	Maler (später Professor) Pohlke (bis 1877).
Elemente der Statik und Mechanik. Physik und Chemie.	Professor Dr. Schubarth (bis 1862).
Geognosie und Oryktognosie.	Professor Dr. Köhler (bis 1856).
Constructionslehre.	Hof-Bau-Inspector (später Hof-Baurath und Professor) von Arnim (bis 1866), der an Linke's Stelle getreten war.
Entwerfen und Zeichnen von Gebäuden.	Derselbe.
Baumaterialienlehre, Veranschlagung, Bauführung, Baupolizei.	Bau-Inspector Runge (bis 1854).
Landwirthschaftliche Baukunst.	Professor G. Stier (bis 1862).
Formen antiker Baukunst.	Professor W. Stier (bis 1856).
Linear- und Architekturzeichnen.	Professor Dr. Bötticher (bis 1875).
Landschaftszeichnen.	Professor Biermann (bis 1881).
Wasser- und Wegebau.	Land-Baumeister Prüfer (bis 1857).
Maschinenbau.	Mühlen-Baumeister (später Professor und Geheimer Regierungsrath) Wiebe (bis 1881).

II. Lehrgang für Land- und Schön-Baumeister.

Die wichtigsten Baustile aller Länder und Zeiten.	Professor W. Stier.
Land- und Schönbau.	Professor G. Stier.
Nachahmendes Zeichnen und Entwerfen.	Derselbe.
Entwerfen öffentlicher Gebäude.	Geheimer Ober-Baurath Stüler (bis 1854).
Ornamentzeichnen.	Professor Bötticher.

III. Lehrgang für Wege- und Wasser-Baumeister.

Analytische Dynamik.	Fabriken-Commissionsrath (später Geheimer Ober-Regierungsrath) Brix (bis 1867).
Geodäsie.	Professor Dr. Berghaus bis 1854.
Wasser-Baukunst, einschliesslich Entwerfen.	Geheimer Ober-Baurath Hagen; nach dessen Ausscheiden, im Sommerhalbjahr 1850 Land-Baumeister Dihm; darauf Professor Schwarz bis 1866.
Eisenbahnbau.	Baurath Hoffmann (bis 1851).
Maschinenlehre und Maschinenbau, einschliesslich Entwerfen.	Mühlen-Baumeister Wiebe.

Im Directorium fanden während dieses Zeitraumes nachstehende Veränderungen statt: Nachdem der Geheime Ober-Baurath Hartwich im Jahr 1856 auf seinen Antrag aus dem Staatsdienst entlassen worden, war der Geheime Ober-Baurath Hübner zum Mitglied des Directoriums für den Wege-, Eisenbahn- und Wasserbau ernannt worden. Als Letzterer Ober-Baudirector und Vorsitzender der Technischen Ober-Baudeputation geworden, trat der Geheime Ober-Baurath Lentze im Mai 1859 an dessen Stelle.

Im Lehrplan und Lehrerpersonal vollzogen sich folgende Veränderungen:[1] Von 1850 bis 1852 lehrte Dr. Guhl, zugleich Privatdocent an der Universität und Lehrer, seit 1854 Professor an der Akademie der Künste, die Kunstgeschichte; im Sommersemester 1850 und dann wieder 1858/59 Architekt Mertens — Baugeschichte. Baumeister Holz begann 1850 einen Unterricht im Entwerfen und setzte denselben bis 1873 fort. Von 1850 bis 1856 lehrte Dr. Boltz neuere Sprachen. Von 1851 bis 1853 trug Bau-Inspector (jetzt Ober-Bau- und Ministerial-Director a. D.) Weishaupt über Eisenbahnbau vor.

Im Wintersemester 1851/52 begann Dr. (später Professor) Aronhold seine langjährige Thätigkeit als Lehrer der Mathematik, und Baumeister (später Professor) Lohde den Unterricht in den baulichen Kunstformen der Griechen nach Bötticher's Tektonik. Von demselben Zeitpunkt bis 1853 lehrte Land-Baumeister Waesemann farbige Decorationen.

Wintersemester 1852/53: Baumeister (später Baurath) Borggreve: Anlage und Betrieb der elektro-magnetischen Telegraphen (bis 1863); Dr. Meissel: Mathematik (bis 1856/57); Professor Schütze: Proportionslehre des menschlichen Körpers, später Ornamentzeichnen (bis 1876/77).

Sommersemester 1853: An Stelle Weishaupt's begann Professor Schwarz den Unterricht im Eisenbahnbau zu ertheilen (bis 1866).

Im Wintersemester 1854/55 übernahm Hof-Baurath Strack an Stelle des ausgeschiedenen Geheimen Ober-Baurath Stüler den Unterricht im Entwerfen öffentlicher Gebäude.

Sommersemester 1855: Bau-Inspector (später Baurath) Kümmritz: Baumaterialien, Veranschlagung etc., später landwirthschaftliche Baukunst (bis 1877); Dr. Corssen: Mühlen und Dampfmaschinen (bis 1859); Professor Daege: Figurenzeichnen; Dr. Bremicker: Geodäsie, an Stelle des Professor Berghaus, (bis 1873); Professor Manger: Entwerfen von Bauwerken als Anwendung zur Bau-Constructionslehre (bis 1859).

Wintersemester 1855/56: Geheimer Baurath Fleischinger: Bau-Constructionslehre (bis 1861).

[1] Die nachstehenden Angaben, so wie die weiter unten folgenden derselben Art sind zum grössten Theil auf Grund der gedruckten Programme zusammengestellt.

Sommersemester 1857: Dr. Lübke (jetzt Professor in Stuttgart): Kunstgeschichte (bis 1861); Dr. (später Professor) Wenzlaff: Oryktognosie und Geognosie (bis 1868/69).

Sommersemester 1859: Eisenbahn-Baumeister (jetzt Geheimer Ober-Baurath) Schwedler: Maschinenbau, an Stelle des Dr. Corssen, (bis (1873); Dr. (jetzt Professor) *Hertzer: Trigonometrie, Differential- und Integralrechnung, Mechanik (bis 1865); Baumeister (jetzt Professor und Regierungsrath) *Schwatlo: Entwerfen von Stadt- und Landgebäuden, seit 1866 hauptsächlich Bau-Constructionslehre; Baumeister (jetzt Professor und Geheimer Ober-Baurath) *Adler: Geschichte der Baukunst, zeitweise auch Entwerfen und Vortrag über die wichtigsten Arten von Privat- und öffentlichen Gebäuden, sowie über Städte-Anlagen.

Wintersemester 1859/60: Privat-Baumeister (jetzt Professor) *Brandt: Bau-Constructionslehre.

Wintersemester 1860/61: Baumeister Dulk: Elemente des Wege-, Wasser- und Eisenbahnbaus etc. (bis 1870).

Sommersemester 1861: Ober-Berg- und Baurath Schönfelder: Bau-Constructionslehre, an Stelle Fleischinger's, (bis 1866).

Wintersemester 1861/62: Baumeister (jetzt Professor) *Spielberg: die wichtigsten Formen antiker Baukunst, später auch farbige Decorationen;

Sommersemester 1862: Dr. (später Professor) Quincke (jetzt an der Universität zu Heidelberg): Chemie, an Stelle des Professor Schubarth, (bis 1865); Baumeister (später Professor und Geheimer Regierungsrath) Lucae: Vortrag über die wichtigsten Arten von Privat- und öffentlichen Gebäuden, sowie über Städte-Anlagen, an Stelle des Professor G. Stier, später auch Entwerfen (bis 1877); Bau-Inspector Möller: landwirthschaftliche Baukunst (bis 1865).

Wintersemester 1862/63: Dr. (jetzt Professor) *Weber: bauwissenschaftliche Technologie; Dr. Brix: Telegraphie, an Stelle von Borggreve (bis 1883).

Sommersemester 1864: Dr. Sarres: Mathematik (bis 1866).

Wintersemester 1864/65: Dr. (jetzt Professor) *Weingarten: Mathematik.

Sommersemester 1865: Maler (jetzt Professor) *Grell: Figurenzeichnen, später auch Ornamentzeichnen und Modelliren.

Wintersemester 1865/66: Dr. (jetzt Professor) *Rüdorff: Physik und Chemie, an Stelle des Professor Quincke; Land-Baumeister (später Professor) Gropius: Baumaterialien-Lehre etc., an Stelle des Baurath Kümmritz, der von nun an über landwirthschaftliche Baukunst, an Stelle

Möller's, vortrug; Professor Dr. Ligowski (bis 1867) und Baumeister Grüttefien (bis 1868), beide: Mathematik.

Sommersemester 1866: Baumeister (später Regierungsrath) Gimbel: Mathematik, später Eisenconstructionen etc. (bis 1877/78); Ingenieur Herrmann (jetzt Professor an der Technischen Hochschule zu Aachen): Maschinenbau (bis 1869/70); Bildhauer (jetzt Professor) *Lürssen: Modelliren; Dr. (jetzt Professor) *Vogel: Photographie und ihre Anwendung auf Bau- und Maschinenwesen.

Im Jahre 1855 wurden abermals einige Veränderungen im Prüfungswesen und demgemäss auch in den Einrichtungen an der Akademie durchgeführt.

Bezüglich der Vorbildung wurde jetzt ein Reifezeugniss für die Universität gefordert. Die Vorbildung auf Realschulen wurde nicht mehr zugelassen, weil sie sich als ungenügend erwiesen habe und die in Aussicht genommene Reorganisation dieser Anstalten nicht erfolgt war. Erst nach eingetretener Feststellung des Lehrplans für die Realschulen I. Ordnung im Jahre 1859 wurde das Reifezeugniss dieser Anstalten als Vorbildungsnachweis dem Maturitätszeugniss der Gymnasien gleichgestellt.

Der Lehrgang für Bauführer an der Akademie blieb zweijährig, wurde jedoch bezüglich der hauptsächlichen technischen Disciplinen wieder für obligatorisch erklärt, wozu durch Verfügung vom 22. Januar 1857 die Feststellung eines Minimums von, in den Unterrichtsstunden der obligatorischen Disciplinen anzufertigenden graphischen Arbeiten hinzutrat.

Die Zulassung zur Baumeister-Prüfung ward bedingt durch eine zweijährige praktische Thätigkeit als Bauführer und ein ferneres zweijähriges Studium, welches auf der Bau-Akademie, auf anderen verwandten deutschen Anstalten oder auch bei preussischen Baumeistern sollte zurückgelegt werden können.

Die Scheidung der Architektur und des Ingenieurwesens wurde sowohl bei den Prüfungen als auch im akademischen Lehrgang für Baumeister wieder aufgegeben, und zwar geschah dies in Berücksichtigung der im Jahre 1852 durchgeführten Organisation der Bau-Verwaltung, wonach die locale Verwaltung der verschiedenen Zweige des Bauwesens regelmässig in einer Hand vereinigt sein sollte.

Der Grad der bei der Prüfung in der einen oder in beiden Fachrichtungen nachgewiesenen Qualification sollte einen Unterschied in der Anstellungsfähigkeit für die verschiedenen Abstufungen des Baudienstes begründen. Im Jahre 1864 wurden die bei der Baumeister-Prüfung zu

erfüllenden Anforderungen in Bezug auf gleichmässig gute Ausbildung in beiden Fachrichtungen noch einmal verschärft.

Der Besuch der Bau-Akademie unter Busse's Leitung gestaltete sich folgendermaassen:

Das erste Wintersemester (1849/50) der neubegründeten Bau-Akademie begann mit 313 Studirenden; im Sommersemester 1851 besuchten 419 — die Anstalt. Dann findet ein Anfangs allmäliges Sinken bis zum Wintersemester 1852/53 statt, worauf die Zahl plötzlich im Sommersemester 1853 von 364 auf 265 herabgeht. Ziemlich stetig ist dann die emporgehende Bewegung bis zum Wintersemester 1859/60, wo die Zahl 547, die höchste in dieser Periode, erreicht wird.

Im Jahre 1855 wurde vom Hochseligen Könige Friedrich Wilhelm dem Vierten eine silberne Preismedaille »für Fleiss auf der Bau-Akademie« gestiftet, welche gegenwärtig in Folge Allerhöchsten Erlasses vom 27. September 1883 »für erfolgreichen Fleiss auf der Technischen Hochschule zu Berlin« Studirenden aller Abtheilungen verliehen werden kann[1].

Im Jahre 1858 trat die von Fräulein Beuth testamentarisch begründete »Beuth'sche Stipendien-Stiftung« ins Leben, welche neben der Universität auch die Bau-Akademie bedachte.

8. Das Directorium Grund. 1866—1873.

Nachdem der Geheime Ober-Baurath Busse sein Amt niedergelegt hatte, ward im September 1866 der Geheime Ober-Baurath Grund zum Director ernannt. Gleichzeitig wurde das Directorium durch die Ernennung des Geheimen Ober-Baurath Salzenberg, an Stelle des verstorbenen Geheimen Ober-Baurath Stüler, ergänzt.

Während dieses Zeitraums fanden wieder Umgestaltungen im Prüfungswesen und in der Einrichtung der Akademie statt. Dieselben hingen zum Theil mit den Rücksichten zusammen, welche nach der Erweiterung des Staatsgebietes in Folge des Krieges von 1866, auf die Einrichtungen in den neuen Landestheilen zu nehmen waren. So fiel

[1] Das Archiv der Technischen Hochschule besitzt ein Blatt mit der, von Strack ausgeführten Zeichnung zu jener Medaille, auf dessen Rückseite der König eine, von einer Randzeichnung begleitete Bemerkung zu dem Entwurfe niedergeschrieben hat. Die jetzige Medaille hat, abgesehen von der veränderten Aufschrift, die Gestalt der früheren; ihre Vorderseite schmückt das Bildniss des hohen Stifters.

namentlich die Ausschliesslichkeit des Bildungsganges durch die Bau-Akademie in Folge des Hinzutretens der polytechnischen Schule zu Hannover fort. In Hannover selbst wurde für das Bauführer-Examen eine Prüfungs-Commission eingesetzt. Jetzt war zur Gleichstellung nicht-preussischer bewährter Lehranstalten nur noch ein Schritt.

Das Verlangen nach vollständiger Trennung der beiden Baufächer im Studiengange und in den Prüfungen fand in den Einrichtungen und Erfahrungen der neuen Provinzen eine bedeutende Unterstützung, ohne gleichwohl zur Zeit durchdringen zu können. Dagegen erkannte man an, dass der zweijährige Lehrgang der Bau-Akademie für Bauführer, wozu in Hannover drei Jahre erfordert wurden, zu kurz und dass es nicht zweckmässig sei, nach abgelegter Bauführer-Prüfung nochmals die Rückkehr auf die Akademie zur Absolvirung eines ferneren zweijährigen Cursus zu verlangen.

Die Vorschriften vom 3. September 1868 stellten demnach für die Bauführer-Prüfung eine dreijährige Studienzeit als Erforderniss hin, und nahmen davon nur zwei Jahre für die Bau-Akademie oder die polytechnische Hochschule zu Hannover in Anspruch, während im Übrigen auch fremde höhere technische Lehranstalten zugelassen wurden. An Stelle der beiden Baumeister-Curse trat ein einjähriger höherer akademischer Cursus, dessen Absolvirung jedoch keine Vorbedingung für die Zulassung zur Baumeister-Prüfung bildete. Die letztere blieb für beide Fächer gemeinschaftlich, doch sollten die Prüfungs-Aufgaben je nach Wunsch des Candidaten vorzugsweise dem einen oder dem andern Gebiet entnommen werden.

Die Aufnahmebedingungen blieben die frühern, nur dass für Privat-Baumeister, nach Fortfall der Handwerker-Prüfungen, neben dem Nachweise der Erlernung und des zweijährigen Betriebes eines Bauhandwerks, das Reifezeugniss eines Gymnasiums, einer Realschule erster oder zweiter Ordnung, oder einer Provincial-Gewerbeschule gefordert wurde.

Nachstehende Veränderungen im Lehrerpersonal fanden in dieser Periode statt: Am 25. März 1866 verstarb der Hof-Baurath und Professor von Arnim (geboren am 15. September 1814 zu Treptow an der Rega), der Erbauer des Jagdschlosses Glienicke und zahlreicher Landhäuser in der Umgebung Potsdams, nach langjähriger segensreicher Thätigkeit an der Bau-Akademie. Professor Adler übernahm seinen Unterricht in der Einrichtung und Construction einfacher Gebäude.

Im Winterhalbjahr 1866/67 trat Bau-Inspector Neumann an die Stelle des Professor Gropius für den Unterricht in der Baumaterialienkunde (bis 1873/74); Eisenbahn-Bau-Inspector Menne — an die Stelle des

Professor SCHWARZ für den Wasser-, Wege- und Eisenbahnbau; Professor WERNER (jetzt an der Technischen Hochschule zu Darmstadt) — für Maschinenbau an die Stelle SCHWEDLER's, der jetzt den Unterricht in der Bau-Constructionslehre und im Brückenbau übernahm. Bau-Inspector (jetzt Stadt-Baurath) BLANKENSTEIN eröffnete seinen Unterricht in der mittelalterlichen Architektur und setzte ihn bis 1872 fort.

Sommersemester 1867: Wasserbau-Inspector, später Regierungs- und Baurath, FRANZIUS (bis 1874/75): Wasser-Wege- und Eisenbahnbau, an Stelle MENNE's, dem jetzt der Unterricht im »Eisenbahnbau in seinem ganzen Umfange« übertragen wurde.

Wintersemester 1868/69: Professor Dr. EGGERS: Kunstgeschichte (bis 1872); Professor Dr. GROSSMANN: Graphostatik (bis 1884).

Sommersemester 1869: Ingenieur (jetzt Professor) Dr. *DOERGENS: Feldmessen und Nivelliren;

Winterhalbjahr 1869/70: Dr. SADEBECK: Oryktognosie und Geognosie (bis 1872/73); Eisenbahnbau-Inspector STRECKERT: Eisenbahnbau (bis 1872).

Sommersemester 1870: Professor *HÖRMANN: Maschinenbau.

Wintersemester 1870/71: Baumeister (jetzt Professor) *JACOBSTHAL: Ornamentik. Geheimer Regierungsrath ELSASSER: Telegraphenlinienbau.

Sommersemester 1872: Baurath HOBRECHT: Bauten aus dem Gebiete der öffentlichen Gesundheitspflege etc. (bis 1876).

Wintersemester 1872/73: Baumeister Dr. ZUR NIEDEN: Elemente des Wasser-, Wege und Eisenbahnbaues (bis 1875); Eisenbahnbau-Inspector (jetzt Geheimer Ober-Baurath) OBERBECK: Eisenbahnbau (bis 1875).

Über die Frequenz der Akademie innerhalb dieser Periode ist Nachstehendes zu bemerken:

Das Wintersemester 1866/67 begann mit 501 Studirenden. Die Zahl stieg bis 655 im Wintersemester 1869/70. Die Kriegsjahre brachten naturgemäss eine starke Verminderung mit sich, zogen doch mehr als 200 Akademiker in den Kampf, von denen 21 den Heldentod für das Vaterland starben. So finden wir denn im Wintersemester 1870/71: 415 —, im Sommersemester 1871: 413 Studirende verzeichnet. Dann wächst der Besuch in hohem Maasse, weist doch das Wintersemester 1871/72: 783 Studirende auf.

Seit dem Sommer 1869 hatten sich die Studirenden eine festere Organisation gegeben, indem sie einem aus sieben Mitgliedern bestehenden Ausschuss die Leitung der allgemeinen Angelegenheiten anvertrauten. Bis dahin pflegte das Motiv bei ausserordentlichen Gelegenheiten die Führung der Studirenden zu übernehmen; auch jetzt hatte dieser Verein

die Initiative zur Begründung der ständigen Vertretung ergriffen. Bald zeigte sich der Nutzen eines solchen engeren Zusammenschlusses in gemeinsamen wissenschaftlichen und künstlerischen Unternehmungen, wie den von den Studirenden herausgegebenen Denkmälern der Baukunst, dem Technologischen Skizzenbuch, der vor einigen Jahren begonnenen Vervielfältigung von Projecten aus dem Ingenieurfache. Am Schlusse des Sommersemesters 1884 haben sich die Ausschüsse der früheren Bau-Akademie und der ehemaligen Gewerbe-Akademie zu einem Ausschusse der Studirenden der Technischen Hochschule vereinigt.

9. Das Directorat Lucae.
1873—1877.

Da die bisherige Einrichtung, wonach die Leitung der Bau-Akademie einem vortragenden Rathe des Ministeriums für Handel, Gewerbe und öffentliche Arbeiten übertragen wurde, aufgehoben ward, trat der Geheime Ober-Baurath Grund, unter Belassung in seiner Stellung als vortragender Rath, auf seinen Antrag, im Frühjahr 1873 von der Direction der Bau-Akademie zurück.

Die Verbindung der Bau-Akademie mit der Technischen Ober-Baudeputation, als deren Curatorium, wurde gelöst, und mit der Ernennung Lucae's ging zum ersten Mal der Director aus der Lehrerschaft hervor. Wohl haben wir in den ersten Zeiten der Akademie Mitglieder der Direction auch als Lehrer wirkend gefunden; sie waren aber nicht als solche, sondern wegen ihrer anderweitigen Beamtenstellung mit der Direction betraut worden.

Bald erfolgte eine tiefgehende Umgestaltung. Es wurden Einrichtungen getroffen, welche der Lehrerschaft Antheil an der Leitung der Anstalt gewährten. Nach dem Vorbilde der Gewerbe-Akademie wurde dem Lehrkörper durch die »Bestimmungen über die Verfassung« vom 10. November 1875 eine collegialische Organisation gegeben. Die Leitung und Verwaltung der Bau-Akademie lag hiernach dem Director, dem Senat und dem Lehrer-Collegium ob. Die Scheidung des Studienganges für Hochbau und Ingenieurwesen wurde, wie bei den Staatsprüfungen so auch im akademischen Unterrichtsgange, nun thatsächlich durchgeführt. Jedes dieser beiden Hauptlehrfächer ward einem Vorsteher unterstellt, der von dem Minister aus der Zahl der ordentlichen Lehrer des Fachs auf zwei Jahre ernannt wurde. Der Senat bestand aus dem Director, den Vorstehern der beiden Fächer und aus zwei

Lehrern (resp. drei, falls einer der Vorsteher der Director war), die durch alljährliche Wahl aus dem Lehrer-Collegium hervorgingen.

In Betreff der Aufnahme-Bedingungen wurde unter dem 17. September 1876 festgesetzt, dass diejenigen Aspiranten, welche das deutsche Indigenat besässen und sich dem preussischen Staatsdienste widmen wollten, das Zeugniss der Reife von einem Gymnasium oder einer Realschule I. Ordnung oder einer, nach Entscheidung des Ministers, solchen Schulen gleichstehenden Anstalt beizubringen hätten. Sofern dieselben schon eine andere höhere technische Lehranstalt besucht hatten, war ein darüber sprechendes Zeugniss einzureichen. Als gleichberechtigte Lehranstalten galten: die Polytechniken zu Hannover, Aachen, Dresden, Darmstadt, Karlsruhe, Stuttgart, München, Wien und Zürich.

Für solche Aspiranten, welche sich nicht für den preussischen Staatsdienst auszubilden beabsichtigten, genügte das Zeugniss der Reife einer preussischen Realschule II. Ordnung, einer reorganisirten Gewerbeschule oder einer, solchen Schulen gleichstehenden Anstalt.

Das Baueleven-Jahr kam in Wegfall, ebenso die Scheidung des Unterrichts in einen Lehrgang für künftige Bauführer und einen höheren akademischen Cursus. Der Unterrichtsgang wurde auf vier Jahre festgesetzt, die Lehrgegenstände in fünf Hauptgruppen getheilt: I. Natur- und mathematische Wissenschaften; II. Allgemeine Bauwissenschaften; III. Manuelle Fertigkeiten; IV. Ingenieur-Wissenschaften; V. Architektur-Wissenschaften.

Der Senat setzte sich für die Studienjahre 1876 bis 1878 zusammen aus dem Geheimen Regierungsrath Professor Lucae, als Vorsteher der Abtheilung für Architektur, dem Geheimen Baurath *Hagen, als Vorsteher der Abtheilung für Ingenieurwesen, und den Professoren: Baurath Adler, Spielberg und Dr. Weingarten.

An neuen Docenten traten in diesem Zeitraume der Akademie bei: Sommersemester 1873: Hof-Bau-Inspector (jetzt Ober-Hof-Baurath) Persius: Entwerfen umfangreicher Gebäude; Dr. (jetzt Professor) *Dobbert: Kunstgeschichte und Ästhetik, an Stelle des verstorbenen Professor Eggers.

Im Wintersemester 1873/74 begann Dr. (jetzt Professor) *Lessing seine Vorträge über die Geschichte des Kunstgewerbes. An Stelle des Geheimen Ober-Baurath Schwedler übernahm Eisenbahn-Baumeister Ruttkowski das Colleg über Bau-Constructionslehre mit mathematischer Begründung und Brückenbau (bis 1876). Architekt (jetzt Professor) *Elis begann seinen Unterricht in der mittelalterlichen Architektur. Ferner traten hinzu: Land-Baumeister (jetzt Professor und Baurath) *Kühn: Einrichtungen und Construction einfacher Gebäude, Entwerfen öffent-

licher Gebäude nach gegebenen Programmen; Baumeister KACHEL: Entwerfen von kunstgewerblichen Gegenständen, (bis zu seiner Berufung nach Karlsruhe im Jahre 1875, wo er 1882 als Director der Kunstgewerbeschule in einem Alter von nur 39 Jahren gestorben ist).

Im Januar 1874 trat Baumeister *SCHOLTZ an die Stelle des Ober-Bau-Inspector NEUMANN für: Baumaterialien, Veranschlagungen, Bauführung, Bauconstruction in Bezug auf Heizung, Ventilation u. s. w.

Im Winter 1874/75 las Baumeister HAESECKE das Colleg über Bau-Constructionslehre, wurde aber schon im Winter 1875—76 durch Baumeister (jetzt Bau-Inspector) HELLWIG ersetzt; ferner trug Baumeister SCHULZE über Einrichtung und Construction einfacher Gebäude vor.

An Stelle des Eisenbahn-Bau-Inspectors Dr. ZUR NIEDEN trat im Winterhalbjahr 1875—76 Baumeister (jetzt Professor) *DIETRICH als Lehrer ein (Elemente des Wasser-, Wege- und Eisenbahnbaues). Regierungs- und Baurath (jetzt Geheimer Ober-Baurath) *HAGEN übernahm in demselben Semester das Colleg des nach Bremen berufenen Baurath FRANZIUS über Wasserbaukunst.

Im Wintersemester 1876—77 begann Professor SPANGENBERG sein Colleg über mathematische Bauconstructionen; Maschinenmeister (jetzt Professor) *MEYER — über Maschinenbau und Eisenbahnbetriebsmittel; Professor Dr. *KOSSAK — über algebraische Analysis, analytische und synthetische Geometrie; Architekt *STRACK — seinen Unterricht im Ornament-Zeichnen.

Im Sommer 1877 ward an Stelle des dahingeschiedenen Professor POHLKE Professor Dr. *HAUCK aus Tübingen berufen; Ingenieur *BÜSING begann seine Vorlesungen über Bewässerung und Entwässerung der Städte. Als ausserordentliche Lehrer traten ein: Baumeister *PERDISCH (perspectivisches Zeichnen) und Dr. *HILSE (Preussisches Baurecht).

In Professor POHLKE, der am 27. November 1876 starb, und Baurath KÜMMRITZ († 21. September 1877) verlor die Akademie zwei bewährte und hochgeachtete Lehrer.

KARL POHLKE war im Jahre 1810 in Berlin geboren. Nachdem er im französischen Gymnasium vorgebildet worden, absolvirte er den Lehrgang der Kunst-Akademie mit mehrfacher Auszeichnung und trat später in das Atelier des Professor HENSEL ein. Von 1835 bis 1847 lebte er in Paris. Hier wendete er sich dem Studium der Perspective zu und hatte die Genugthuung, dass seine dahin gehörenden Arbeiten von der Pariser Akademie der bildenden Künste mit der grossen goldenen Medaille ausgezeichnet wurden. Nach Berlin zurückgekehrt, entfaltete er eine umfang- und erfolgreiche Lehrthätigkeit am Gewerbe-Institut, an der Friedrich-Werderschen Gewerbeschule, der Akademie

der Künste, der Bau-Akademie, an welcher er bis wenige Tage vor seinem Tode trotz seines leidenden Zustandes den Unterricht mit bewundernswerther Pflichttreue ertheilte. Sein bedeutendstes Werk ist die »Darstellende Geometrie.«

Diese Periode in der Geschichte der Bau-Akademie fand ihren jähen Abschluss durch den Tod des Directors Lucae am 26. November 1877. Richard Lucae war am 12. April 1829 in Berlin geboren. Nach glücklich verlebter Kindheit im Elternhause und Absolvirung des Schulunterrichts Anfangs im Gymnasium, dann, da er sich für das Studium der Architektur entschieden hatte, in der Realschule, trat er 1847 beim Feldmesser Höne in Naumburg in die Lehre und legte im Herbst 1849 sein Feldmesser-Examen in Merseburg ab. Ostern 1850 bezog er die Bau-Akademie, wo ihn namentlich Bötticher und Wilhelm Stier in hohem Grade anregten und fesselten. Im Frühjahr 1853 machte er das Bauführer-Examen. 1855 zum weiteren Studium auf die Bau-Akademie zurückgekehrt, absolvirte er dieselbe im Herbst 1857 und bestand 1859 die Baumeister-Prüfung mit Auszeichnung. Nun folgte eine Reise durch Italien im Verein mit dem ihm befreundeten Wilhelm Lübke.

Nach seiner Heimkehr widmete sich Lucae der Privat-Architektur und der Lehrthätigkeit, indem er im Herbst 1859 als Assistent für den Unterricht im Entwerfen in die Bau-Akademie eintrat, um (von 1862 an als selbstständiger Docent) achtzehn Jahre lang mit Hingebung lehrend und leitend an ihr zu wirken. »Dies Gebiet entsprach so recht eigentlich seiner Neigung. Man kann ihn mit Recht einen geborenen Lehrer nennen. Seine Begeisterung für die Kunst, die Ausgiebigkeit in Gedanken und Wort, die anmuthig scherzende Art, die dem Schüler auch die Lust zu schwierigen und mühevollen Arbeiten rege erhielt, das freundliche Eingehen auf die persönlichen Eigenschaften, dies Alles machte ihn bald zu einem der beliebtesten Lehrer.«

Seine Lehrthätigkeit ging Hand in Hand mit steter Baupraxis. Mit Begeisterung betheiligte er sich an der Ausschmückung der Stadt für die Sieger-Einzüge nach den Kriegen von 1866 und 1870, und bewies hierbei sein Talent auch für solche decorative Arbeiten. Im Auftrage des damaligen Erbprinzen von Meiningen fertigte er einen Entwurf zum Neubau für ein Schloss in Altenstein, welchem eine Anzahl von Villen-Entwürfen folgte, »alle in Hellenisch-Schinkel'schem Geiste.« Seine künstlerische Entwickelung wurde durch langjährige Uebung, durch wiederholte Reisen nach England und Frankreich, nach Wien, vor Allem aber nach Italien, das er mit Strack, mit Eggers, mit Lübke noch viermal durchstreifte, bedeutend gefördert. Seine späteren Werke zeigen eine eingehende Vertrautheit mit der Bauweise der Renaissance, so das

Theater in Frankfurt a. M. und das im inneren Ausbau unvollendet gebliebene Borsig'sche Palais in Berlin.

An der oben erwähnten durchgreifenden Reorganisation der Bau-Akademie und des öffentlichen Bauwesens hatte Lucae einen wesentlichen Antheil. Mit rückhaltloser Offenheit war er für die ihm eigene hohe Auffassung von der Bedeutung der Technik und der Kunst für das Gemeinwesen eingetreten.

Als Lucae Director der Bau-Akademie geworden, galt es zunächst Raum zu schaffen für die Massen der Studirenden, welche aus den alten und neuen Provinzen herbeiströmten; stieg doch die Zahl derselben schon im Winter 1873/74 auf 809; 1874/75 auf 872; 1875/76 auf 930; 1876/77 auf 1085.

So ging denn Lucae an einen Umbau der Akademie; eine dreiarmige Treppe wurde in den Hof hineingebaut und eine bessere Zugänglichkeit der Geschosse damit erreicht. Um dem steigenden Raumbedürfnisse zu genügen, wurde aber auch ein selbstständiger Erweiterungsbau an Stelle der Werderschen Mühlen in edlem italienischen Renaissancestil geplant. Als indessen beschlossen wurde, die Gewerbe-Akademie, für welche Lucae ebenfalls einen Neubau projectirt hatte, mit der Bau-Akademie zu einer Technischen Hochschule zu verbinden, da war es wieder Lucae, welchem der Auftrag zu Theil wurde, das dazu erforderliche Gebäude zu projectiren, eine Aufgabe, an deren Lösung er mit dem ihm eigenen Feuer ging. Da raffte der Tod den geistvollen, edlen Mann in der Blüthe seiner Jahre hinweg.[1]

Während Lucae's Directorat trat im Jahre 1876 ein segensreich wirkendes Stipendium zur Förderung des Studiums der Architektur und des Bau-Ingenieurwesens ins Leben. Laut Bestimmung der von Fräulein Nathalie Heimbürger, zum Andenken an ihren früh verstorbenen Neffen, den Bau-Ingenieur Louis Boissonet, begründeten »Louis-Boissonet-Stiftung«, wird alljährlich abwechselnd einem Architekten und einem Bau-Ingenieur, der einen wesentlichen Theil seiner Vorbildung auf der Bau-Akademie (resp. der Technischen Hochschule) zu Berlin erlangt hat, ein Stipendium behufs einer mit einer fachwissenschaftlichen Aufgabe verbundenen Studienreise zu Theil.

[1] S. die Rede von Ende bei der, vom Architekten-Verein am 1. Februar 1878 veranstalteten Lucae-Feier, Zeitschrift für Bauwesen, Jahrgang XXVIII, 1878, S. 299 ff.

10. Das interimistische Directorat Hagen und das Directorat Wiebe. December 1877 bis April 1879.

Nach Lucae's Tode übernahm der Geheime Baurath Hagen, der den Director bereits während dessen Krankheit vertreten hatte, auf Grund eines, dem Wunsche des Senates Rechnung tragenden Ministerial-Erlasses vom 4. December 1877, zunächst die Fortführung der Geschäfte. Zu gleicher Zeit ward er beauftragt, innerhalb des Monats December das Lehrercollegium der Bau-Akademie zu Vorschlägen darüber zu veranlassen, in welcher Weise und insbesondere von welchem seiner Mitglieder für die voraussichtlich längere Zeit bis zur Neu-Organisation der Bau- und Gewerbe-Akademie die interimistische Führung der Directorialgeschäfte an der ersteren Anstalt zu erfolgen habe.

Die Wahl des Lehrer-Collegiums fiel auf Professor Wiebe, und derselbe wurde denn auch mit der Leitung der Bau-Akademie betraut, und führte dieselbe, bis die Technische Hochschule, deren erster Rector er wurde, am 1. April 1879 ins Leben trat.

Im Wintersemester 1878/79 bestand der Senat aus folgenden Mitgliedern: dem Director, Geheimen Regierungsrath Professor Wiebe; Professor Kühn, als Vorsteher der Abtheilung für Architektur; Professor Dr. Aronhold, als Vorsteher der Abtheilung für Ingenieurwesen; und den Professoren: Dr. Weingarten und Jacobsthal.

Als neu eingetretene Lehrer sind zu verzeichnen:

Studienjahr 1877/78: Professor *Goering: Eisenbahnbau; Professor Dr. *Winkler (bis dahin am Polytechnikum zu Wien): Brückenbau; Baurath Professor *Ende: Entwerfen umfangreicher öffentlicher und Privatgebäude.

Studienjahr 1878/79: Baurath Professor *Raschdorff: Baukunst der Renaissance und »die wichtigsten Arten öffentlicher und Privat-Hochbauten und Städteanlagen«.

Als Privat-Docenten habilitirten sich: Baumeister (jetzt Professor) *Schäfer: Gothik (April 1878); Regierungs-Baumeister Luthmer, Entwerfen kunstgewerblicher Gegenstände, und Dr. *Lehfeldt, Geschichte der Baukunst (1878/79).

II. Die Gewerbe-Akademie.

1. Die Technische Schule (seit 1827: Gewerbe-Institut) unter Beuth. 1821 — 1845.

Nachdem im Jahre 1806 das polytechnische Institut in Prag und 1815 dasjenige in Wien errichtet worden, ging Preussen mit der, durch Beuth im Jahre 1821 errichteten »Technischen Schule« zu Berlin, die freilich von dem Begriffe, den wir heute mit dem Worte Polytechnicum verbinden, weit entfernt war, den übrigen deutschen Staaten mit gutem Beispiele voran. Bereits früher war wiederholt auf die Nothwendigkeit einer solchen Anstalt zur Förderung des Gewerbfleisses in Preussen hingewiesen worden.

Hermbstädt hatte im Jahre 1813 in dem, von ihm herausgegebenen Bulletin diesem Gegenstande eine Abhandlung gewidmet.[1] Da heisst es u. A.: »Für die Cultur der ästhetischen oder bildenden Künste hat man eigene Schulen und Akademien errichtet; man besoldet Lehrer für die Theorie und Praxis derselben, man sucht Schüler darin auf eine rationelle und wissenschaftliche Weise zu bilden . . . Sollten die necessairen oder unentbehrlichen Künste, welche doch die Grundlage der wichtigsten Fabriken, Manufacturen und technischen Gewerbe im Staate ausmachen, nicht werth sein, sie einer gleichen Aufmerksamkeit zu würdigen?« Weiter folgt der Vorschlag: »Man errichte auf öffentliche Kosten technologische Akademien, man besolde Lehrer für den Unterricht junger Männer, die sich den Kunstgewerben widmen wollen, um sie für jedes specielle Fach in den ihnen unentbehrlichen Hülfskenntnissen unterrichten zu lassen. Man ertheile den Hülfs- oder Unterstützungsbedürftigen diesen Unterricht unentgeltlich . . . Man mache es den Lernenden zur Pflicht, die Lehrstunden regelmässig zu besuchen. Man unterwerfe sie von Zeit zu Zeit einer Prüfung und belohne diejenigen, die sich vorzüglich auszeichnen, durch besondere Prämien.« »Die wissenschaftlichen Zweige, welche in einer solchen Anstalt gelehrt werden müssen, bestehen in Mathematik, Naturbeschreibung, Naturlehre, Chemie und Maschinenzeichnung, mit beständiger Beziehung auf das praktisch zu erlernende Kunstgewerbe.«[2] Der Verfasser spricht dann die Überzeugung aus, dass in Folge einer solchen Maassregel »alle diejenigen technischen Gewerbe, welche bisher

[1] Gedanken über die wissenschaftliche Cultur der Künste, Manufacturen und technischen Gewerbe, im Bulletin des Neuesten und Wissenswürdigsten aus der Naturwissenschaft etc. Bd. XIII. Berlin 1813. S. 71 ff.

[2] Selbstverständlich ist hier dieser Ausdruck nicht in dem heutigen Sinne gemeint.

nur als gemeine Handwerke betrachtet wurden, sich bald zu einem Grade der Vollkommenheit emporschwingen werden, der ihnen in jeder Hinsicht einen Wetteifer mit den schönen oder bildenden Künsten verstattet«.

Auch der um Handel und Gewerbe in Preussen hochverdiente Staatsrath Kunth hatte in Briefen und Denkschriften oft den Wunsch ausgesprochen, dass neben oder über den Fachschulen in der Hauptstadt eine technische Hochschule errichtet werde.[1]

So entsprach denn Beuth einem bereits lebhaft fühlbar gewordenen Bedürfnisse, als er, unterstützt von Kunth, mit der Begründung der technischen Schule vorging.

Wie bescheiden die Anstalt ursprünglich gedacht war, geht aus dem, von Beuth in Form eines Promemoria dem Staatsminister Grafen von Bülow vorgelegten und von diesem im April 1821 genehmigten Organisationsplan hervor, dessen wichtigste Bestimmungen folgende waren:

Requisiten für die Aufnahme sind:

1. Ein Alter von 12 bis 16 Jahren.

2. Inländische Geburt oder Wohnort des Vaters im Inlande.

3. Eine gute Handschrift; die Fähigkeit, sich in der deutschen Sprache fehlerfrei, richtig schriftlich auszudrücken und dem mündlichen Unterricht schriftlich zu folgen; Kenntniss des Einmaleins und der s. g. vier Species.

Nachlässigkeit, Mangel an Aufmerksamkeit, ungesittetes Betragen, Mangel an Fähigkeiten berechtigen den Dirigenten der Schule, einen Schüler ohne Weiteres zu entfernen; eine Bestimmung, die denn auch Beuth streng befolgte, wurden doch am Ende eines jeden Semesters diejenigen Zöglinge entlassen, welche dem schnell fortschreitenden Unterricht nicht folgen konnten oder deren Fortschritte nicht genügten.

Der Unterricht ist unentgeltlich.

Die technische Schule zerfällt in zwei Classen:

In der untern Classe sind Gegenstände des Unterrichts, während eines einjährigen Cursus: Geometrie, Rechnen, Naturkunde (Physik und Chemie in einem gemeinschaftlichen Cursus, erstere in besonderer Beziehung auf die mechanischen Wissenschaften), Zeichnen (a. Liniearzeichnen, b. freies Handzeichnen). Für Einzelne: Modelliren in den Werkstätten.

Die obere Classe theilt den Unterricht in zwei halbe Jahre, so dass

a) in den mathematischen Wissenschaften: Arithmetik und Algebra, Geometrie, Stereometrie, Perspective im ersten Halbjahre —; im

[1] S. Fr. und Paul Goldschmidt, Das Leben des Staatsraths Kunth. Berlin 1881. S. 129.

zweiten aber Trigonometrie, Statik und Mechanik, praktische Maschinenlehre, verbunden mit dem dahin einschlagenden Theile der Technologie, gelehrt wird;

b) in der Chemie: im ersten Halbjahre die theoretische Chemie, im zweiten — die Anwendung der Chemie auf Gegenstände unseres Bedürfnisses und auf einzelne Gewerbe, vorgetragen wird;

c) was das Zeichnen betrifft, so gehen in dieser Classe das Maschinenzeichnen und die freie Handzeichnung, mit Rücksicht auf den oben erwähnten Unterricht in der Perspective, in erweitertem Maasse fort.

Im Hinblick auf die Ergänzung des Unterrichtes im neuen Institut durch den an der Bau-Akademie, wird »dasjenige, was besonders Beziehung auf das Feldmessen, auf Planzeichnen u. s. w. hat, absichtlich weggelassen.«

Was die Anwendung der Chemie auf einzelne Gewerbe betrifft, so wies Beuth auf die, von Hermbstädt für Färberei, Gerberei u. dgl. gehaltenen Vorlesungen hin, welche »sich sehr gut an die allgemeinen der technischen Schule anschliessen.«

Für den Unterricht wurden vier Stunden täglich: von 10 bis 12 und von 2 bis 4 bestimmt. Eine Lehrstunde sollte bei jedem Gegenstande täglich der Prüfung gewidmet sein. Am Schlusse des Jahres, nach vollendetem Cursus, concurriren diejenigen Schüler, die sich dazu fähig fühlen, um die Lösung einer Preisaufgabe.

Die technische Schule ist der Leitung des Dirigenten der technischen Deputation für Gewerbe untergeben. In allen, die innere Organisation der Schule betreffenden Gegenständen haben die Lehrer eine berathende Stimme und sind befugt, ihre abweichende Meinung zur höhern Kenntniss zu bringen.

»Da kein besonderer Etat für diese Schule gemacht werden kann, so bedarf es nur einer Remuneration für die Lehrer im Wege des Abkommens für bestimmte Zeiträume.«

Am 1. November 1821 begann der Unterricht in dem, für die neue Schule, und behufs Aufstellung und Nutzbarmachung der im Besitze der Gewerbe-Deputation befindlichen gewerblichen Sammlungen, angekauften frühern Gräflich Hacke'schen Hause in der Klosterstrasse No. 36. Schon im Jahre 1827 wurde das angrenzende ehemalige Pagenhaus (Klosterstrasse 35) dazu gekauft und bis 1831 in entsprechender Weise umgebaut. In den Jahren 1854 und 55 erfolgte die Erwerbung der Häuser: Sieberstrasse 1 und 2, sowie Klosterstrasse 33 und 34, im Jahre 1860 — des Grundstückes: Klosterstrasse 32.

Die Zahl der Lehrer betrug vier. Es waren: Dr. Schubarth, zugleich Professor an der Universität, für Physik und Chemie (bis 1849,

† 1868); Fabriken-Commissionsrath SEVERIN — für Arithmetik und Maschinenlehre, Statik, Mechanik (bis 1828); Fabriken-Commissionsrath FRANK — für Linearzeichnen, Geometrie, Perspective, Maschinenzeichnen (bis 1848, † 1853), alle drei: Mitglieder der technischen Gewerbe-Deputation, endlich der Architekt (seit 1835 Professor) MAUCH für Handzeichnen (bis zu seiner Berufung an das Polytechnikum zu Stuttgart 1839).

Die Zahl der Schüler betrug 13, von denen 6 ein Staatsstipendium von 300 Thalern bezogen. In den folgenden Jahren ward ein solches Stipendium dem weitaus grössten Theil, in den Jahren 1824 bis 1828 sogar allen Zöglingen zu Theil. In wie patriarchalischer Weise für die jungen Leute gesorgt wurde, ersieht man daraus, dass die Casse von BEUTH angewiesen war, monatlich nur 20 Thaler auszuzahlen, so dass jährlich 60 Thaler für jeden gespart wurden, die er bei seinem Abgange oder ausnahmsweise im Fall eines nachgewiesenen Bedürfnisses früher erhielt.

Am 1. October 1822 fand die Organisation der oberen Classe statt, und es traten der Lehrer WETZEL für Arithmetik (bis 1824) und der Bildhauer Professor WICHMANN für Bossiren (bis 1. Juli 1839) hinzu. Seit dem 14. Juli 1822 findet sich Professor ACCUM mit Vorlesungen über Chemie, Mineralogie und deren Anwendung auf Gewerbe verzeichnet.

Da es zu jener Zeit an Maschinenfabriken fehlte, in denen die jungen Leute sich die nöthige praktische Bildung hätten erwerben können, BEUTH aber der praktischen Ausbildung der Zöglinge einen breiten Raum gewähren wollte, ward mit dem Institute eine mechanische Werkstatt verbunden, in welcher der Unterricht durch tüchtige Meister ertheilt wurde. Der Eintritt in die Werkstatt am Ende des wissenschaftlichen Cursus galt, wie Professor FINK, der seine Studien unter BEUTH gemacht hat[1], berichtet, gewissermaassen als Belohnung. Nicht nur die erforderlichen Materialien, auch die selbstgefertigten Maschinen, meistens Drehbänke, bekamen die Zöglinge zum Geschenk. Für Messing- und Kunstguss wurde eine Kunstgiesserei in Verbindung mit einer Ciselirwerkstatt eingerichtet. Hier ist, ausser anderen Kunstgegenständen, die von KISS modellirte Statue Friedrich Wilhelm's III. gegossen und ciselirt,[2] jetzt die Hauptzierde des Lichthofes im neuen Gebäude der Technischen Hochschule. Ferner sind hier die Statuen auf dem Wilhelmsplatze und diejenige BEUTH's, als eine der letzten, hergestellt worden. Auch eine Kupferstecherei ward durch BEUTH begründet.

[1] Festrede bei der Gedächtnissfeier der Königlichen Technischen Hochschule für die hundertjährige Wiederkehr des Geburtstages von BEUTH, am 21. Januar 1882.

[2] Zu den ornamentalen Theilen lieferte GUSTAV STIER die Zeichnungen.

Als einer der merkwürdigsten Züge in der Geschichte der Anstalt ist mit Recht deren allmälige Entwickelung aus kleinen Anfängen, ihr gleichsam natürliches Wachsthum bezeichnet worden[1], ein Wachsthum, welches stets Hand in Hand ging mit der Fortentwickelung der technischen Mittelschulen des Landes. Der Grundsatz dieser Zusammengehörigkeit bildete den Kern der Pläne Beuth's lange schon vor dem Jahre 1821 sowohl, wie immer nachher. Die auf die Initiative Beuth's ins Leben getretenen Provincial-Gewerbeschulen sollten ihren Schülern diejenigen Kenntnisse verschaffen, welche man von rechtswegen von einem tüchtigen Gewerbetreibenden zu fordern berechtigt ist; das Berliner Institut sollte seine Zöglinge zu Vorstehern gewerblicher Anstalten ausbilden, die besten Schüler der Gewerbeschulen wurden zu demselben einberufen.[2]

Der nächste Fortschritt war die Einrichtung einer dritten Classe, welche am 1. October 1826 als Suprema ins Leben trat.

Im Jahre 1827 erhielt die Anstalt den Namen: Gewerbe-Institut.

Während Beuth's Directorat fanden folgende Veränderungen, resp. Ergänzungen des Lehrerpersonals statt. Am 1. October 1826 trat F. Wolff, Professor am Joachimsthalschen Gymnasium und an der medico-chirurgischen Militär-Akademie, sowie Mitglied der technischen Gewerbedeputation, für den Unterricht in der beschreibenden Geometrie dem Lehrkörper bei (bis 1854). Am 1. April 1828 schied Severin, der zum Geheimen Ober-Baurath ernannt wurde, aus, nachdem er sich die Liebe seiner Schüler in vollem Maasse erworben. Dieselben rühmten noch in späten Jahren die Klarheit und Gründlichkeit seines Vortrages. Sein grosses Werk über Dampfmaschinen hat allgemein die verdiente Anerkennung gefunden. 1849 wurde ihm der Vorsitz in der Ober-Baudeputation übertragen, 1858 ward er unter Verleihung des Titels eines wirklichen Geheimen Ober-Bauraths pensionirt. Er starb 1862 in einem Alter von 80 Jahren. Die höchste Pflichttreue, verbunden mit Humanität und tiefem Rechtsgefühl hat er stets an den Tag gelegt.[3]

Severin's Unterricht übernahmen der spätere Geheime Ober-Regierungsrath Wedding (bis 1846, als Bibliothekar und Conservator der Sammlungen bis 1. April 1857) und der damalige Bauconducteur, spätere

[1] S. Reuleaux: Festrede am 50jährigen Stiftungsfest der Gewerbe-Akademie, in den Verhandlungen des Vereins zur Beförderung des Gewerbfleisses in Preussen. 50. Jahrgang. 1871. S. 322 ff.

[2] S. des Staatsministers Dr. Delbrück Rede zur Feier des hundertjährigen Geburtstages von Beuth, in den Sitzungsberichten des Vereins zur Beförderung des Gewerbfleisses. 1882. S. 22 ff.

[3] S. Zeitschrift für Bauwesen, Jahrgang XII, 1862.

Geheime Ober-Regierungsrath Brix (bis 1. April 1850), und zwar der erstere den Unterricht in der Maschinenlehre, im Projectiren von Maschinen, Anfertigen von Kostenanschlägen und die Beaufsichtigung beim Zeichnen, der letztere — den Unterricht in der Statik, Mechanik, Hydrostatik, Hydraulik, im Entwerfen von Bauwerken und in der Veranschlagung, sowie ebenfalls die Beaufsichtigung beim Zeichnen. Beide Männer haben in hohem Maasse segensreich gewirkt. Von Brix wurde schon gelegentlich seiner Anstellung an der Bau-Akademie gehandelt.

Wedding war am 2. August 1798 zu Stahlhammer in Oberschlesien geboren, wo sein Vater Hüttenbau-Inspector war. Seinen Schulunterricht genoss er in Gleiwitz, sodann auf dem Elisabeth-Gymnasium zu Breslau. In der Zeit der Freiheitskriege machte er als Primaner den Feldzug gegen Frankreich mit. Nach der Rückkehr aus dem Felde vollendete er seine Gymnasialstudien und bezog dann die Universität zu Breslau, um Philologie und Philosophie zu studiren. Seine Neigung zog ihn jedoch zur Mathematik und Jurisprudenz. Nach Berlin übergesiedelt, betrieb er, neben den Universitätsstudien, die angewandten mathematischen- und Naturwissenschaften an der Bau-Akademie. 1818 legte er das Feldmesser-Examen ab. Nachdem er sich dann mehrere Jahre unter der Leitung seines Vaters, eines der Schöpfer der grossartigen Hüttenindustrie Oberschlesiens, wissenschaftlich und praktisch beschäftigt hatte, bestand er im Jahre 1823 das architektonische Examen und wurde dann auf sein Ansuchen dem Decernenten für Bausachen in Breslau als Referendar zugewiesen. Nachdem er kurze Zeit die Bau-Inspectorstelle zu Brieg interimistisch verwaltet hatte, ward er in die Ministerial-Baucommission nach Berlin berufen. Hier lernte ihn Beuth kennen und schätzen. Einen zweijährigen Urlaub verwandte nun Wedding zu eingehenden Studien in Holland mit seinen grossartigen Wasserbauten, in England, welches damals, in der Entstehungszeit der Eisenbahnen, an der Spitze der jungen aufblühenden Industrie stand, und in Frankreich.

Ende 1827 heimgekehrt, ward er durch Beuth an das Gewerbe-Institut und in die technische Deputation, der er bis zum Lebensende angehörte, berufen.

Den Erfolg seiner Lehrthätigkeit bekunden am besten die zahlreichen Schüler im In- und Auslande, die mit Dankbarkeit und Verehrung an ihm hingen, und die zum Theil sowohl in der Industrie selbst, als in der Verwaltung sich hervorthaten. Beuth setzte ein unbedingtes Vertrauen in ihn: beinahe nichts geschah in Angelegenheiten des Gewerbe-Institutes, ohne dass Wedding's Ansicht eingeholt wurde. Bald nach

Beuth's Rücktritt liess sich Wedding wegen Überbürdung in seiner weit verzweigten Thätigkeit vom Unterricht entbinden[1].

Im October 1829 wurde dem Lehrer Freiberg († 13. März 1865) die Mitaufsicht beim Zeichenunterricht, und dem Dr. Fuss (bis 1. October 1834) ein praktischer Unterricht in der Chemie unter Leitung Schubarth's übertragen.

Um dieselbe Zeit wurde der Bildhauer Boy (bis 1. April 1873) für die Werkstatt, später für das Modelliren gewonnen. Dinger († 1834), den Beuth bei Crosatier in Paris im Formen und Guss grosser Bronzen hatte ausbilden lassen, übernahm die Giesserei. Auch Feierabendt († 1871), der ebenfalls auf Beuth's Veranlassung bei Denière in Paris den Guss kleiner Bronzen und bei Vall das Ciseliren und Vergolden erlernt hatte, erhielt eine Lehrerstelle am Institute. Am 1. October 1830 wurde für den Unterricht in der Geometrie in der unteren Classe ein Repetitor, Bau-Conducteur Bohnstaedt, angenommen und dem Bildhauer Kiss der Unterricht im Modelliren, zeitweise im Ciseliren, übertragen. Den Unterricht im Rechnen übernahm der Lehrer Bledow († 1846). Am 1. April 1832 trat Dr. (seit 1843 Professor) Ringleb an die Stelle Bohnstaedt's (bis 1850), am 1. October 1834 Dr. Elsner — an die Stelle des Dr. Fuss (bis 1850).

Vom 1. October 1838 an wurde ein Unterricht in den Elementen der Bau- und Maschinenconstructionslehre eingerichtet und dem damaligen Bau-Inspector, späteren Geheimen Ober-Baurath Linke (bis 1. October 1850) übertragen. Im Juli 1839 trat der damalige Bau-Conducteur G. Stier an die Stelle Mauch's, schied aber bereits am 1. October 1842 wieder aus, worauf der Architekt (seit 1853 Professor) Lohde (bis 1875) den Unterricht im Freihandzeichnen übernahm. Von Mai 1841 bis 1. October 1846 stand Kampmann, der seine Studien in Paris und München gemacht hatte, der Giesserei des Gewerbe-Institutes vor. Am 1. Januar 1844 übernahm Mackenthun einen Unterricht in der Holzbildhauerei, starb aber bereits am 31. August 1845.

Bei dieser Übersicht der von Beuth für das Institut gewonnenen Lehrkräfte fällt die starke Betonung des künstlerischen Elementes auf; ist doch auf den Unterricht im Modelliren ein bedeutendes Gewicht gelegt, und gehören doch Künstler, wie Kiss, der Urheber der Amazone am Museum, des heiligen Georg im Schlosshofe, der Statue Beuth's

[1] Über Wedding's Verdienste um die preussische Industrie, sowie seine umfangreiche literarische Thätigkeit s. den Nekrolog in den Verh. des Vereins zur Beförderung des Gewerbfleisses in Preussen, Jahrgang 51, 1872, S. 75 ff., und die Anführung der Abhandlungen Wedding's ebenda S. 83 ff.

vor der Bau-Akademie, und WICHMANN, von welchem u. A. die Statue WINCKELMANN's in der Vorhalle des Museums und der von der Victoria gekrönte verwundete Krieger auf der Schlossbrücke herrühren, zu den hervorragenden Vertretern der Berliner Bildhauerschule.

BEUTH besass einen feinen Kunstsinn, der im Umgang mit dem ihm befreundeten SCHINKEL stets neue Nahrung fand und u. A. in der trefflichen Sammlung von Kupferstichen und anderen Kunstwerken zu Tage trat, welche, nach dem Tode des Besitzers, dem im Jahre 1842 begründeten SCHINKEL-Museum, das von nun an den Namen »BEUTH-SCHINKEL-Museum« trug, überwiesen wurden. Zu den Zielen, die der Begründer der Technischen Schule anstrebte, gehörte auch die Veredelung des Gewerbes durch die Kunst. »Der Ausdruck „Kunstgewerbe", heute in Jedermanns Munde, war zu BEUTH's Zeit unbekannt; das was dieser Ausdruck sagt, hat er mit seinem Freunde SCHINKEL zuerst in Deutschland erfasst und ins Leben zu führen gesucht«. Bezeichnend für seine Auffassung des Verhältnisses der Kunst zum Gewerbe ist eine Äusserung im Vorworte zu den, von ihm und SCHINKEL gemeinsam ins Leben gerufenen »Vorbildern für Fabrikanten und Handwerker«, einem Werke, für welches die ausgezeichnetsten Kupferstecher Deutschlands, Frankreichs, Englands und Italiens thätig waren. Da heisst es: »Es liegt ausser den Grenzen dieser Blätter, den Gewerbtreibenden ausführlich auseinander zu setzen, wie nöthig und nützlich es ist, ihren Arbeiten neben der technischen Vollendung die höchste Vollkommenheit der Form zu geben. Nur eine Ausführung, die beides vereinigt, nähert die Arbeit des Handwerkers dem Kunstwerke, drückt ihr den Stempel der Bildung auf und giebt ihr einen bleibenderen Werth als die Kostbarkeit des Materials, woraus sie gefertigt wurde.« Gleichzeitig mit dieser Veröffentlichung von Vorbildern begründete BEUTH eine Sammlung von Abgüssen und sonstigen Nachbildungen hervorragender kunstgewerblicher Arbeiten des Alterthums und der Renaissance. In Petersburg, Stockholm und Kopenhagen, in London und Paris, in Nürnberg und Wien, in Venedig, Florenz, Rom, Neapel und Sicilien wurde für die Sammlung abgeformt, und zu Ende der dreissiger Jahre hatte dieselbe wohl nirgend ihres gleichen. Auch Abgüsse bedeutender Statuen erhielten hier ihre Stelle und bilden jetzt einen edlen Schmuck des neuen Gebäudes der Technischen Hochschule. So wurde denn auf den Kunstsinn der Zöglinge des Instituts nicht blos durch directe Unterweisung, sondern auch durch das Anschauen der unvergänglichen Schönheit der classischen Sculptur hingewirkt.

Wir müssen es uns hier versagen, über die Gesammtthätigkeit des hochverdienten Mannes zur Förderung der Gewerbe zu handeln, und

doch erhält das, was er für das Gewerbe-Institut that, erst die richtige Beleuchtung von diesem höher gegriffenen Standpunkt aus.[1]

Als Beuth im Jahre 1845 aus seiner Stellung als Director des Instituts, das damals 101 Schüler zählte, ausschied, konnte er mit Genugthuung auf das Geleistete zurückblicken. Eine grosse Anzahl bewährter Techniker, welche an die Spitze gewerblicher Anstalten des In- und Auslandes getreten, waren aus dem Gewerbe-Institut hervorgegangen. Beuth's Büste mit der Inschrift: Dem Gründer des Königlichen Gewerbe-Instituts die dankbaren Zöglinge MDCCCXLVI, ward im Gebäude aufgestellt. Jetzt ziert sie, als Gegenstück zu der Büste Schinkel's, den Lichthof des neuen Hauses der Technischen Hochschule.

Freilich war die Zeit allmälig eine andere geworden und forderte auch Veränderungen am Institut. Jene nahezu militärische Disciplin, welche bei den eigenthümlichen Verhältnissen der »Technischen Schule« ihre Früchte getragen hatte, passte nicht mehr zu dem Wesen des allmälig zu einer Hochschule sich verwandelnden Instituts, das naturgemäss auf die Lern- und Lehrfreiheit zustrebte.

Dass die von Beuth geleitete Anstalt sich des Vertrauens im Publicum erfreute, geht unter Anderem daraus hervor, dass der am 30. März 1829 in Potsdam verstorbene Ritterschaftsrath von Seydlitz sein beträchtliches Vermögen dem von Beuth, gleichzeitig mit der Technischen Schule, begründeten Verein zur Beförderung des Gewerbfleisses in Preussen, mit der Bestimmung testamentarisch überwiesen hatte: die Revenüen desselben zu Stipendien für Zöglinge des Gewerbe-Instituts zu verwenden. Im Jahre 1833 wurde zur Erinnerung an diesen Wohlthäter im Vestibül des Instituts ein von Schinkel entworfenes, von Kiss modellirtes und von Feyerabendt gegossenes Bronze-Denkmal aufgestellt, das die Inschrift trägt:

»E. L. A. F. K. von Seydlitz geboren am VIII. April MDCCLXVIII
gestorben am XXX. März MDCCCXXIX«

»Dem Bedürfnisse seiner Zeit, die Jugend zu lehren was der Mann braucht, widmete er sein Vermögen.«

[1] S. die oben genannte Rede Delbrück's.

2. Das Gewerbe-Institut unter der Leitung von Pommer Esche's (1845 bis 1848), von Carnall's (August 1848 bis Januar 1849), Egen's (1849), Druckenmüller's (1. October 1849 bis 1. October 1856).

Während der Amtsführung von Pommer Esche's, der, wie wir sahen, nach Beuth's Ausscheiden, auch an der Spitze der Bau-Akademie stand, wurden folgende Änderungen im Unterrichtsplan vorgenommen:

Am 1. October 1846 übernahm Mühlenbaumeister Wiebe einen Theil des bis dahin vom Geheimen Ober-Regierungsrath Wedding ertheilten Unterrichts, nämlich Maschinenlehre und Entwerfen von Maschinen. Am 1. November desselben Jahres ward ein Unterricht in der architektonischen Formenlehre eingerichtet und dem Architekten Lohde übertragen. Derselbe übernahm am 1. Januar 1848 auch den, bis dahin von Brix ertheilten Unterricht im Entwerfen von Gebäuden. Ferner wirkte vom 1. October 1846 bis zum 1. Juli 1849 Nöback, Director der Handels-Lehranstalt, als Lehrer im Rechnen.

Das Jahr 1846 bezeichnet einen bedeutenden Abschnitt in dem Leben der Studirenden an dem Gewerbe-Institut, indem ein Verein begründet wurde, dem es gelang, an die Stelle der bis dahin herrschenden Isolirung ein gemeinsames Leben und Streben in Arbeit und Vergnügen zu setzen. Bereits im Jahre 1845 war der Versuch zur Bildung eines Vereins gemacht worden, der Gelegenheit bieten sollte, sich näher kennen zu lernen und mehr Einigkeit am Institut hervorzurufen. Doch diese Vereinigung, in welcher unter Anderem aus technischen Werken vorgelesen wurde, trennte sich bald wieder. Im Jahre 1846 aber entstand »der Verein der Zöglinge des Königlichen Gewerbe-Instituts«, welcher ein näheres Aneinanderschliessen derselben theils zu gegenseitiger Belehrung, theils zu gesellschaftlicher Unterhaltung bezweckte. Einmal wöchentlich versammelte man sich zur Anhörung der von den Mitgliedern der Reihe nach gehaltenen Vorträge, und zu darauf folgender fröhlicher Geselligkeit. Diesem Verein ward in einer Generalversammlung am 11. December 1847 der Name »Hütte« gegeben, unter welcher Bezeichnung derselbe noch heute sich einer schönen Blüthe erfreut. Der Verein hat vorzugsweise den Zweck, die wissenschaftlichen Bestrebungen seiner Mitglieder zu unterstützen, denen er durch eine Reihe von Publicationen brauchbares Material für ihre Studien liefert. Bereits 1854 begann die Herausgabe von technischen Zeichnungen. Im Jahre 1857 erschien »des Ingenieurs Taschenbuch«, welches gegenwärtig bereits die zwölfte Auflage erlebt hat. Zu diesem Werke hat sich seit 1883 »das Taschenbuch für Chemiker und Hüttenleute« ge-

sellt. In der »Hütte« werden auch Vorträge von allgemein bildendem Charakter aus den Gebieten der Kunst und Wissenschaft gehalten, Poesie und Musik und fröhliches geselliges Leben wird gepflegt. Gelegentlich des zehnten Stiftungstages, welcher 1856 in Halberstadt festlich begangen wurde, wuchs aus der »Hütte« der Verein deutscher Ingenieure hervor.

Das bewegte Jahr 1848 blieb nicht ohne Einfluss auf das Gewerbe-Institut. Dem Beispiele der Universitätsstudenten folgend, hatten die Zöglinge des Instituts, wie diejenigen der Allgemeinen Bauschule, sich dem Corps der Künstler angeschlossen. Im Institute wurde ein Waffensaal errichtet, zu dem der Director den Schlüssel bewahrte. Am 22. Mai desselben Jahres richteten die Zöglinge eine Petition an den Director von Pommer Esche, in welcher um eine Änderung der Organisation der Anstalt, soweit dieselbe die Schüler betraf, gebeten wurde. Besonders wünschte man eine Abstellung der Einrichtung, wonach der Primus der Classe auf Ordnung zu sehen, die beim Unterricht fehlenden Commilitonen zu notiren, häufig auch die Repetitionen abzuhalten hatte, was zu vielfachen Gehässigkeiten führte. Man erbat an Stelle dessen die Einsetzung eines aus Zöglingen bestehenden Ehrengerichtes und Abhaltung der Repetitionen nur durch die Docenten. Diese Bitte wurde denn auch gewährt, sowie den Zöglingen, auf ihr Ersuchen, auch die Berechtigung zum Hören der Vorlesungen an der Universität ertheilt ward. Während des kurzen Directorats des Geheimen Bergrathes von Carnall löste sich das Ehrengericht im December desselben Jahres wieder auf.[1]

Am 15. Mai 1848 setzte der damalige Chef des Handelsministeriums, Freiherr von Patow, die Stipendien auf 200 Thaler herab. Am 10. September kündigte der inzwischen zum Handelsminister ernannte ehemalige Zögling des Gewerbe-Instituts, Milde das Dienstverhältniss sämmtlicher Lehrer der Anstalt vom 1. April 1849 ab, unter der Motivirung, »dass die Frage, ob und in welcher Weise das Gewerbe-Institut fortbestehen sollte, noch der Berathung einer Commission unterliege, von deren Vorschlägen es abhängig gemacht werden müsse, ob und in wie weit das jetzige Lehrerpersonal beizubehalten sei.«

Während dieser Wirren schied der Geheimrath von Carnall zu Anfang des Jahres 1849 aus, und der bisherige Director der Gewerbeschule zu Elberfeld, Professor Egen, trat an seine Stelle.

Nach dem bald darauf erfolgten Tode des Letzteren, wurde zu Anfang October 1849 die Leitung des Instituts dem Director der höheren

[1] S. Damm, Geschichte der Hütte, Berlin 1862.

Bürger- und Provincial-Gewerbeschule zu Trier, Dr. Druckenmüller übertragen. Kurz vorher, am 4. September, hatte der Handelsminister Freiherr von der Heydt sämmtlichen Lehrern eröffnet, dass, da die Berathungen über die Änderungen des Lehrplanes, in deren Voraussicht die Kündigung der Lehrer erfolgt sei, noch nicht zu einem definitiven Abschluss hätten gebracht werden können, der Unterricht im Wintersemester 1849/50 noch nach dem bisherigen Lehrplan erfolgen werde. Die Lehrer wurden zugleich ersucht, den Unterricht im bisherigen Verhältniss fortzusetzen.

Rasch hintereinander schieden damals folgende Lehrer aus: Frank am 1. October 1848; Schubarth am 1. October 1849; Brix am 31. März 1850; Ringleb am 1. April, Linke am 1. October desselben Jahres.

Dagegen traten neu ein: die Universitäts-Professoren Dr. Dove für Physik (1. October 1849 bis 1. April 1868); Dr. Magnus für chemische Technologie (1. October 1850 bis 1. October 1856) und Dr. Rammelsberg für Chemie und Mineralogie (1. April 1850 bis 1. April 1883); der damalige Bau-Inspector (seit 1853 Professor) Manger für Bau-Constructionslehre (1. October 1850 bis April 1874); Pohlke für beschreibende Geometrie (1. October 1849 bis 1. October 1865). Vom 1. October 1848 bis zum 1. Februar 1851 wirkte Baumeister Malberg als Lehrer des Maschinenzeichnens und der Maschinenlehre, und wurde dann durch Corssen († 1852) ersetzt.

Im Jahre 1850 wurden die Berathungen über die Reorganisation des gesammten Gewerbeschulwesens beendigt. Uns interessirt hier vor Allem das aus diesen Berathungen hervorgegangene Regulativ für die Organisation des Gewerbe-Instituts, vom 5. Juni 1850.

Der Reform lag der, eine wirkliche Hochschule anbahnende Gedanke zu Grunde, dass der bisher im Gewerbe-Institut ertheilte elementare Unterricht möglichst vollständig schon in den Provincial-Gewerbeschulen zum Abschluss zu bringen, und dadurch eine angemessene Erweiterung und Vertiefung des Unterrichtsfeldes für das Institut zu ermöglichen sei.

Die Aufnahme-Bedingungen wurden verschärft:

a) Der Bewerber muss in der Regel wenigstens 17 — und darf höchstens 27 Jahre alt sein.

b) Er muss sich darüber ausweisen, dass er wenigstens ein Jahr regelmässig praktische Arbeiten als Hauptbeschäftigung getrieben habe, es sei denn, dass er Chemiker werden wolle.

c) Er hat nachzuweisen, dass er entweder bei einer, zu Entlassungs-Prüfungen berechtigten Provincial-Gewerbeschule, oder Realschule, oder bei einem Gymnasium das Zeugniss der Reife erlangt hat.

So lange jedoch nicht in jeder Provinz des Staates mindestens eine Provincial-Gewerbeschule besteht, welche das Recht zu Entlassungs-Prüfungen besitzt, findet eventuell am Gewerbe-Institut eine Aufnahme-Prüfung statt, durch welche auch Ausländer die genügende Vorbildung nachzuweisen haben.

Die Zöglinge zerfallen in Mechaniker, Chemiker und Bauhandwerker.

Der theoretische Unterricht dauert drei Jahre und theilt sich in drei Curse. Er ist Anfangs gemeinschaftlich für die drei Kategorien, später tritt eine Trennung nach Fächern ein.

Der Unterricht blieb zunächst noch unentgeltlich. Erst im Jahre 1855 wurde ein Honorar von 40 Thalern für den Jahrescursus eingeführt, und für die Folgezeit die Gesammtzahl der Staatsstipendien, der Zahl der Regierungsbezirke entsprechend, auf 26 reducirt.

»Um eine stetige Entwickelung des Gewerbe-Instituts zu sichern«, wurde ein Studienrath gebildet, welcher die Veränderungen in dessen Organisation zu berathen und dem Minister für Handel, Gewerbe und öffentliche Arbeiten zur Genehmigung vorzulegen hatte. Derselbe wurde zusammengesetzt aus einem höhern Beamten des Ministeriums, dem Director, als dessen Stellvertreter, zwei Lehrern des Instituts und zwei andern Männern der Wissenschaft und Technik.

Während Druckenmüller's Directorat waren ferner dem Lehrerpersonal beigetreten: am 1. October 1852 Ingenieur (jetzt Professor) *Fink für Maschinenkunde und mechanische Technologie, und Ingenieur, (später Eichamts-Director) Duske († 1871), als Vorsteher der Werkstätten; am 1. December 1853 Bau-Inspector (jetzt Professor und Regierungsrath) *Schwatlo für Zeichnen und Bauconstruction; am 1. October 1854 Ingenieur (seit 1846 Professor) Werner für Entwerfen von Maschinen und Fabrikanlagen (bis zu seiner Berufung an die Polytechnische Schule zu Darmstadt, 1869), Dr. Grashof für Mathematik und Mechanik (bis zu seiner Berufung an das Polytechnikum zu Karlsruhe, 1863); am 1. Juni 1856 Professor Dr. Weyerstrass für Mathematik (bis 1. Januar 1864).

Im Jahre 1856 traten die Stipendien der Commerzienrath Fränkel'schen Stiftung zu Breslau für junge Leute jüdischen Glaubens aus der Provinz Schlesien, welche sich einem technischen Fache widmen, ins Leben.

Beim Ausscheiden des Directors Druckenmüller zählte die Anstalt 253 Zöglinge.

3. Das Gewerbe-Institut (seit 1866 Gewerbe-Akademie) unter dem Directorat Nottebohm. 1857 bis 1. Januar 1868.

Am 1. Januar 1857 erfolgte die Ernennung des Geheimen Ober-Bauraths Nottebohm zum Director des Gewerbe-Instituts. Er hatte in früheren Jahren bereits vertretungsweise an der Anstalt gewirkt.

Friedrich Wilhelm Nottebohm (geb. am 10. April 1808, † 18. October 1875) hatte zu Wattenscheid in Westfalen von Kindheit an dem Gewerbe nahe gestanden, indem er als Elementarschüler in der Werkstatt seines Vaters, eines Mechanikers, gearbeitet. Im Alter von 15 Jahren finden wir ihn im Dienste des Wegebaumeisters Diekhoff zu Bochum, bei dem er sechs Jahre verblieb. 1834 legte er das Feldmesser-Examen ab und bezog die Allgemeine Bauschule in Berlin, worauf er die, für das Baufach vorgeschriebenen Vorprüfungen bestand. Nachdem er dann noch das Gewerbe-Institut besucht hatte, legte er 1840 die Nachprüfung als Land- und Wasser-Bauinspector ab. Doch bezog sich sein späteres Wirken nicht auf das Baufach, vielmehr war es ihm vorbehalten, sich an der Lösung der damals hervortretenden neuen Aufgaben des Ingenieurs, der Entwickelung und Förderung des Eisenbahnwesens und der Telegraphie, in hervorragender Weise zu betheiligen, wenn auch der Anfang und der Schluss seiner Beamtenlaufbahn vorzugsweise der Förderung des Gewerbes gewidmet war, das er schon in der Werkstatt des Vaters lieb gewonnen.

Nachdem Nottebohm die westlichen Provinzen des Staates, England und Frankreich bereist und die wissenschaftlichen Resultate dieser Reise in einem Werke über Dampfmaschinen niedergelegt hatte, ward er 1842 zum Assessor bei der Königlichen Technischen Deputation für Gewerbe ernannt, welcher er bis an seinen Tod angehörte und deren Arbeiten er einen wesentlichen Theil seiner Thätigkeit gewidmet; 1850 wurde er mit der Wahrnehmung der Geschäfte des Vorstehers der inzwischen ins Leben getretenen Telegraphen-Direction betraut, in welcher Stellung er bis zu seiner Ernennung zum Geheimen Baurath und vortragenden Rath im Handelsministerium (1856) verblieb[1], worauf er bereits im folgenden Jahre mit der Direction des Gewerbe-Instituts betraut wurde.

Das wichtigste Ereigniss während seines Directorats ist die Reorganisation vom Jahre 1860, welche mit dem Schulmässigen, das dem

[1] S. den Nekrolog in den Verh. des Vereins zur Beförderung des Gewerbfleisses, 54. Jahrg. 1875, S. 373 ff.

anfänglichen Charakter der BEUTH'schen Anstalt entsprochen, nun aber sich schon längst überlebt hatte, entschieden brach, und dem Wesen der an dem Institute betriebenen Studien, sowie dem Lebensalter und Bildungsgrad der Studirenden Rechnung trug.

Bereits im Jahre 1859 beauftragte das Ministerium, im Hinblick auf eine vorzunehmende Reform, den Director des Instituts, ähnliche auswärtige Lehranstalten zu besuchen, demnächst über die Einrichtung derselben zu berichten und zugleich über die beschlossene Reorganisation des Gewerbe-Instituts entsprechende Vorschläge zu machen.

Bevor noch die vom Director gemachten Wahrnehmungen, sowie die anderweit gestellten Anträge auf Abänderung der Verfassung des Gewerbe-Instituts dem Studienrathe der Anstalt zur Prüfung vorgelegt werden konnten, trat ein Conflict zwischen den Studirenden und der alten Ordnung ein.

Die Art, wie die Controle des Besuches der Vorlesungen in letzter Zeit gehandhabt wurde, erschien den Studirenden auf die Dauer nicht erträglich. Sie agitirten und demonstrirten so energisch zu Gunsten der Lernfreiheit, dass das Directorium sich veranlasst sah, die erste und zweite Classe am 4. Februar 1860 aufzulösen, worauf die dritte Classe erklärte, das Schicksal der beiden anderen theilen zu wollen. Auch ward eine Deputation zum Minister entsandt. In Anbetracht der Richtigkeit des Princips, für welches die studirende Jugend eingetreten war, beschloss man höheren Orts, von den begangenen Verstössen gegen die Ordnung abzusehen, den Studirenden den Wiedereintritt zu gestatten und den, von dem Director in erster Linie gestellten Antrag auf Wegfall der Controle über den Besuch des Unterrichts sofort in Ausführung zu bringen.[1]

Unter dem 23. August erfolgte dann die Publication des, mittlerweile auf Grund der vom Director gestellten und vom Studienrath berathenen Anträge, ausgearbeiteten Regulativs, welches am 1. October in Kraft trat.

Die Aufnahme-Bedingungen blieben im Wesentlichen die im Jahre 1850 festgestellten; doch ist jetzt von einer eventuellen Aufnahme-Prüfung am Institute abgesehen.

Das Gewerbe-Institut zerfällt hinfort

I. in eine allgemeine technische Abtheilung,

II. in eine Abtheilung für die einzelnen technischen Fächer, und zwar

[1] S. NOTTEBOHM, Chronik der Gewerbe-Akademie S. 38. — DAMM, Geschichte der Hütte S. 216 ff.

1. für Mechanik,
2. für Chemie und Hüttenkunde,
3. für Seeschiffbau.

Der Lehrgang dauert im Ganzen drei Jahre.

Zu den Vorlesungen in den Fachabtheilungen wird nur zugelassen, wer den Lehrgang in der allgemeinen technischen Abtheilung vollendet hat. Schiffbauer haben ausserdem nachzuweisen, dass sie wenigstens ein Jahr regelmässig praktische Arbeiten auf einem Seeschiffswerfte als ihre Hauptbeschäftigung getrieben haben. Mechaniker, welche an den praktischen Übungen in den Werkstätten theilnehmen wollen, haben nachzuweisen, dass sie wenigstens ein Jahr lang praktische Arbeiten getrieben haben. Bezüglich der Mechaniker kam diese Bedingung im Jahre 1863 wieder in Wegfall.

Innerhalb einer jeden Abtheilung ist die freie Wahl der Lehrgegenstände gestattet.

Wer ein Stipendium oder eine Unterrichtsfreistelle erhalten hat, ist indess zur Theilnahme an allen lectionsplanmässigen Vorlesungen verpflichtet, es sei denn, dass er von dem Director mit Rücksicht auf den Grad seiner Vorbildung oder die Richtung seines Studiums von der Theilnahme an einzelnen Vorlesungen dispensirt worden. Dieselbe Kategorie von Studirenden wurde auch verpflichtet, an den Repetitionen Theil zu nehmen, welche in den theoretischen Lehrgegenständen abgehalten werden sollten, für die übrigen Studirenden aber nicht obligatorisch waren.

So ist denn in diesem Regulativ ein bedeutender Schritt auf das Ziel der absoluten Lernfreiheit zu gethan. Lassen wir Nottebohm selbst über die Einführung dieses Princips in die Organisation des Instituts zu Worte kommen. In der von ihm verfassten Festschrift heisst es (S. 37):

»Bis gegen das Jahr 1848 hin, wo der Staat jedem Zögling ohne Ausnahme freien Unterricht und jährlich 300 Thlr. zu seinem Lebensunterhalt gewährte, war es gerechtfertigt, den gesammten theoretischen Unterricht obligatorisch zu machen, den Besuch der Unterrichtsstunden strenge zu überwachen und durch tägliche Repetitionen sich von den Fortschritten der Zöglinge zu überzeugen.

Als aber von jenem Zeitpunkte an der Betrag der Stipendien erst auf 200 Thr. herabgesetzt, dann später ihre Zahl auf 26 reducirt, und ihre Verleihung an den Besitz eines Schulzeugnisses der Reife mit dem Prädicat »mit Auszeichnung bestanden« geknüpft wurde, während alle übrigen Zöglinge, sofern sie nicht ihre Bedürftigkeit unzweifelhaft nachzuweisen vermochten, ein nicht unbedeutendes Unterrichts-Honorar zu zahlen hatten, war das bis dahin obwaltende patriarchalische Verhältniss zwischen Anstalt und Zöglingen unhaltbar geworden. Zudem

war der Grad allgemeiner Bildung der Letzteren ein ungleich höherer als früher: ein beträchtlicher Theil hatte die formelle Reife für die Universität. Es war Thatsache, dass der Umwandlungsprocess der einfachen Gewerbeschule in eine höhere technische Lehranstalt sich im Laufe der Zeit vollzogen hatte, während die Stellung der Zöglinge der umgewandelten Anstalt gegenüber die der Gewerbeschüler geblieben war. Die Eigenthümlichkeit des technischen Unterrichts bedingt einen in sich zweckmässig gegliederten Lectionsplan, worin die Vorträge über die verschiedenen Unterrichtsgegenstände, an richtiger Stelle eingefügt, ein zusammenhängendes Ganze bilden. Es kann jedoch füglich jedem Studirenden überlassen werden, die seiner Individualität und künftigen Lebensstellung entsprechenden Vorträge selbst auszuwählen und es empfiehlt sich nicht, ihn darin durch eine bestimmt zugeschnittene obligatorische Schablone zu beschränken. Der künftige Gewerbtreibende, der keine Anstellung im Staatsdienst beansprucht und in seinem Ringen nach einer lohnenden Stellung im bürgerlichen Leben lediglich auf sich selbst angewiesen ist, bedarf vor Allem der Selbstständigkeit und muss sich diese schon in seinen Lehrjahren anzueignen suchen. Überdies kann es nicht die Aufgabe einer höheren technischen Lehranstalt sein, bei ihren Zöglingen, die sich bereits in einem völlig zurechnungsfähigen Lebensalter befinden, Vaterstelle zu vertreten. Der aus diesen unvermittelten Gegensätzen hervorgegangene Conflict zwischen der Anstalt und der lernenden Jugend konnte nur in einer entsprechenden Änderung der Verfassung des Gewerbe-Instituts seine Lösung finden.«

Im Unterrichtsplan und im Lehrerpersonal fanden während Nottebohm's Directorat nachstehende Veränderungen statt:

Am 1. October 1858 trat Dr. (jetzt Professor) *Weber für Chemie ein; am 1. October 1859 Dr. (jetzt Professor) *Hertzer für beschreibende Geometrie; am 1. October 1860 Professor Dr. Quincke, der zugleich an der Universität lehrte, für Physik (bis 1872, jetzt in Heidelberg); zu derselben Zeit: Dr. Baeyer (ebenfalls Professor an der Universität) für organische Chemie (jetzt in München), und Dr. Stahlschmidt für chemische Technologie und Entwerfen chemischer Anlagen (bis zu seiner Berufung an die polytechnische Schule zu Aachen, 1870).

In der Fachabtheilung für Schiffbau begann der vom Wirkl. Geh. Admiralitätsrath Elbertzhagen (bis 1873) und dem Marine-Ingenieur (später Geh. Admiralitätsrath) Koch (bis 1879) versehene Unterricht zu Ostern 1861. Zu gleicher Zeit ward mit den Vorlesungen über National-Ökonomie der Anfang gemacht, und dieselben wurden dem Professor an der Universität, Geh. Regierungsrath Dr. Hanssen übertragen (bis zu seiner Berufung nach Göttingen 1869). Am 1. October 1863 trat Dr.

(später Professor) GROSSMANN für die theoretische Mechanik in den Lehrkörper ein. Zu derselben Zeit wurde die Photographie in den Lehrplan der Anstalt eingefügt. Als Lehrer wirkte Dr. (jetzt Professor) *VOGEL. Auch wurde als Specialität ein durch praktische Versuche zu erläuternder Unterricht in der Färberei und Druckerei eingerichtet und vom Privatdocenten Dr. REIMANN geleitet.

Durch die am 1. October 1864 erfolgte Berufung des Professors *REULEAUX als Lehrer der Maschinenkunde wurde der Unterricht in der Fachabtheilung für Mechaniker, den gesteigerten Anforderungen entsprechend, erweitert und eine bis dahin in der Anstalt nicht gelehrte Disciplin, die Kinematik, in den Lehrplan eingefügt.

Am 1. Januar 1865 trat der jetzige Professor *GRELL, Lehrer an der, bis zu ihrer Aufhebung im Jahre 1864 mit dem Gewerbe-Institut verbundenen Musterzeichenschule, der Anstalt bei.

Vom 1. October 1866 bis zu seiner Berufung an die Universität Halle im Jahre 1867 trug der Privatdocent PERELS über landwirthschaftliche Maschinen und Geräthe vor.

In dieser Periode wurden nachstehende Stipendien gestiftet: im Jahre 1858 ein Stipendium der BENNY BURCHARDT'schen Eheleute zu Landsberg a. d. W., für junge Leute jüdischen Glaubens, zum Besuche des Gewerbe-Instituts; im Jahre 1864 das JACOB SALING'sche Stipendium für Schüler des Gewerbe-Instituts.

Mit Rücksicht auf die, inzwischen stark entwickelte Privat-Kunst-Industrie wurden die Ateliers für Kupferstecherei, Kunstgiesserei und Ciseliren aufgehoben. Aus gleichem Grunde erfolgte die räumliche Einschränkung der mechanischen Werkstätte. Von nun an hatte dieselbe nur noch die Bestimmung, Versuche anzustellen, sowie die mechanischen Sammlungen zu vervollständigen und auf einer, den fortschreitenden Anforderungen der Wissenschaft entsprechenden Höhe zu erhalten. Namentlich wurden die kinematischen Modelle nach REULEAUX's Angaben in der Werkstätte gefertigt.

Wir haben gesehen, wie das Gewerbe-Institut von kleinen Anfängen aus allmälig sich zu einer Akademie mit der Bestimmung, Wissenschaft und Kunst in die Gewerbe einzuführen, entwickelt hatte. Der alte Name entsprach nicht mehr recht dem Wesen der Sache. So ward denn im Jahre 1866 das Institut zur »Gewerbe-Akademie« erhoben.

Mit dem Schluss des Jahres 1867 ward NOTTEBOHM von der Leitung der Anstalt entbunden, um ausschliesslich im Handelsministerium die Bearbeitung der, auf das gewerbliche Unterrichtswesen bezüglichen Angelegenheiten zu übernehmen. Bei seinem Ausscheiden zählte die Gewerbe-Akademie 563 Studirende, mit Einschluss der Hospitanten.

4. Die Gewerbe-Akademie unter dem Directorat Reuleaux. 1868 bis 1879.

Gegen Ende 1867 war Professor (seit 1869 Geheimer Regierungsrath) Reuleaux zum Director der Gewerbe-Akademie ernannt worden.

In die Zeit seines Directorats fällt der glorreiche Krieg, in welchen die akademische Jugend voll patriotischer Begeisterung zog. Schmerzlich waren freilich die Opfer, die auch hier der Grösse und Einheit des Vaterlandes gebracht wurden: von den 201 Studirenden der Gewerbe-Akademie, die hinausgezogen waren, kehrten 30 nicht wieder heim. Eine Marmortafel, »gewidmet von ihren Commilitonen« kündet ihre Namen. Diese Tafel, so wie die entsprechende — mit den Namen der Bau-Akademiker, die ihr Leben auf dem Felde der Ehre liessen, bilden einen feierlich ernsten Schmuck der Aula im neuen Gebäude der Technischen Hochschule.

Am 1. November 1871 beging die Gewerbe-Akademie in ihren festlich geschmückten Räumen, in Gegenwart der Herren Minister für Handel und für Unterricht, der Vertreter der Stadt und zahlreicher anderer geehrter Gäste, das fünfzigjährige Stiftungsfest.[1] Seine Majestät der Kaiser hatte der Akademie zu ihrem Jubiläum das Brustbild des hohen Stifters, des Königs Friedrich Wilhelm des Dritten huldvollst verehrt, auch waren von der Regierung drei Reisestipendien von je 500 Thalern gestiftet worden. Zahlreich hatten sich die früheren und damaligen Schüler eingefunden. Mit Genugthuung konnte der Director in seiner Festrede darauf hinweisen, wie der Lehrplan der Anstalt sich allmälig so erweitert habe, dass er nunmehr an Reichthum mit in der ersten Reihe der polytechnischen Unterrichtspläne stehe. In den letzten sechs Jahren namentlich war der Lehrstoff auf mehr als das Doppelte gestiegen. Zum Theil war dies dem Eingehen auf besondere und neue technische Disciplinen, zum Theil aber der Einführung allgemein bildender Lehrstoffe zuzuschreiben, wobei von dem Gesichtspunkte ausgegangen war, »dass die Erziehung, welche das Höchste leisten soll, nicht zu denken sei ohne die Ermöglichung universeller Bildung«.

Freudig wurde die neue Verfassung begrüsst, die an demselben 1. November 1871 ins Leben trat.

Hier war es zum Princip erhoben, dass der Director zu den Lehrern der Anstalt zu gehören habe. Durch die neue Verfassung wurde ferner der Lehrerschaft eine thätige Mitwirkung an der Fortentwickelung der

[1] S. den oben erwähnten Bericht in den Verhandlungen des Vereins zur Beförderung des Gewerbfleisses in Preussen.

Anstalt zur Pflicht gemacht. Zu diesem Behufe war festgesetzt worden, dass die allgemeinen Angelegenheiten jeder der vier Abtheilungen: für Maschinen- und Ingenieurwesen; für Chemie; für Hüttenkunde; für Schiffbau, durch einen, vom Minister jedesmal auf zwei Jahre zum Vorsteher derselben ernannten Lehrer verwaltet werden sollten. In den Abtheilungsconferenzen sind die Anordnung und Fortentwickelung des Unterrichts und andere, die Abtheilung betreffende Angelegenheiten zu berathen. Die Lehrer der Anstalt werden durch einen Ausschuss vertreten, welcher aus dem Director, den Vorstehern der Abtheilungen und zwei anderen, vom Lehrer-Collegium aus seiner Mitte alljährlich gewählten Mitgliedern besteht. Oben wurde bereits erwähnt, dass diese Verfassungsbestimmungen denjenigen der Bau-Akademie vom Jahre 1875 zu Grunde gelegt wurden.

Für die Studirenden wurden Diplome eingeführt, welche, nach vollständig zurückgelegtem Lehrgang einer Abtheilung, auf freiwillige Bewerbung hin, durch eine Prüfung erlangt werden konnten.

Durch Ministerial-Erlass vom 27. Juni 1876[1] wurden sodann Staatsprüfungen für das Maschinenfach angeordnet, welche denjenigen für das Baufach entsprachen. Wie dort, so sollte auch hier die erste (Maschinenbauführer-) Prüfung nach Abschluss eines vierjährigen Studiums bei einer der Prüfungs-Commissionen in Berlin, Hannover oder Aachen —, die zweite (Maschinenmeister-) Prüfung nach Abschluss einer zweijährigen praktischen Vorbereitung bei der Technischen Ober-Prüfungs-Commission in Berlin abgelegt werden können.

In Betreff der Vorbildung wurde auch hier das Reifezeugniss eines Gymnasiums, oder einer Realschule I. Ordnung verlangt. Den Reife-Prüfungen an diesen Anstalten wurde aber für die Maschinen-Beamten die Entlassungs-Prüfung bei den, nach dem Reorganisationsplane vom 21. März 1870 eingerichteten Königlichen Gewerbeschulen (und seit dem 26. Mai 1877 auch bei der Friedrichs-Werderschen und bei den Realschulen II. Ordnung in Kiel und Altona) gleichgestellt.

Bezüglich des Lehrkörpers ist für diesen Zeitraum Folgendes zu erwähnen:

Der Lehrer-Ausschuss bestand aus dem Director Professor Reuleaux, zugleich als Vorstand der Abtheilung für Maschinenbau und Ingenieurwesen; Professor Dr. Rammelsberg, als Vorstand der vereinigten Abtheilung für Chemie und Hüttenwesen; dem Wirklichen Admiralitätsrath Koch, als

[1] Vorschriften über die Ausbildung und Prüfung für den Staatsdienst im Bau- und Maschinenfach.

Vorstand der Abtheilung für Schiffbau, und den Professoren Dr. Aronhold und Wiebe, an dessen Stelle im Studienjahre 1878—79 Professor Dr. Grossmann trat.

Von Ende 1867 bis zu seiner Berufung an das Polytechnikum zu Darmstadt, 1869, wirkte Dr. (jetzt Professor) Roquette als Lehrer der Literaturgeschichte an der Gewerbe-Akademie.

Am 1. April 1868 trat von Gizycki für's Maschinenzeichnen ein, schied aber bereits am 1. October 1870 wieder aus, indem er einem Rufe an die polytechnische Schule zu Aachen folgte. Gleichzeitig wurde Professor *Hörmann, bis dahin Lehrer an der Berg-Akademie zu Clausthal, für die Akademie gewonnen. Um die nämliche Zeit wurde der Lehrstuhl für Physik, den bis dahin Professor Dove inne gehabt hatte, Professor Quincke übertragen.

In demselben Jahre habilitirte sich Dr. (jetzt Professor) *Liebe für Botanik.

Dr. Christoffel, bis dahin Professor an der polytechnischen Schule zu Zürich (jetzt an der Universität zu Strassburg), übernahm am 1. April 1869 den Unterricht in der Mathematik (bis Sommer 1872).

Die Nationalökonomie wurde vorgetragen: im Sommer 1869 vom Geheimen Ober-Regierungsrath Dr. Engel, 1869/70 von Professor Dr. Dietzel, von 1870 bis 1876 von Professor Dr. Wagner.

Am 1. April 1870 trat Bergrath (jetzt Geheimer Bergrath) Dr. *Wedding für die Eisenhüttenkunde ein; Dr. (jetzt Professor) *Liebermann für Chemie.

Am 1. October des gleichen Jahres begann Ingenieur (jetzt Professor) *Consentius seine Lehrthätigkeit im Maschinenzeichnen.

Zu derselben Zeit traten Dr. *Sell (jetzt Professor und Kaiserlicher Regierungs-Rath) für die analytische Chemie — und Dr. (jetzt Professor) *Hirschwald für Geologie und Mineralogie ein.

Dr. (jetzt Professor) *Lessing begann in dem nämlichen Semester seine Lehrthätigkeit in der Geschichte des Kunstgewerbes, und Ingenieur (seit 1874 Professor) Spangenberg, bis dahin Lehrer an der höhern Gewerbeschule zu Kassel, — im Ingenieurfache.

Am 1. Januar 1871 trat Dr. Börsch für Geodäsie und Planzeichnen ein; auch er war bis dahin in Kassel an der höhern Gewerbeschule thätig gewesen. Er lehrte bis 1874.

Vom 1. April 1871 bis 1875 trug Land-Baumeister *Tuckermann die Bauconstructionslehre vor.

Am 1. April 1872 trat Dr. (jetzt Professor) *Kossak an die Stelle Christoffel's, nachdem er schon seit 1869 als Privatdocent an der Anstalt gewirkt hatte; gleichzeitig folgte Professor Dr. *Paalzow dem Professor Quincke, als Lehrer der Physik.

Im Spätsommer 1872 starb Professor Dr. EGGERS.

HARTWIG KARL FRIEDRICH EGGERS war am 27. November 1819 in Rostock geboren. Im Jahre 1835 verliess er die Realschule und trat in den Kaufmannsstand ein, in welchem er vier Jahre verblieb. Nachdem er 1841 das Abiturienten-Examen abgelegt, studirte er in Rostock, Leipzig und München Philologie, Geschichte und Archäologie, und widmete sich dann, seit 1845 in Berlin lebend, ganz der Kunstwissenschaft. Im Jahre 1848 promovirte er in Rostock mit einer Dissertation: »die Kunst als Erziehungsmittel für die Jugend.« Bereits in demselben Jahre ward ihm vom Ministerium LADENBERG der Auftrag, eine Denkschrift über die Reorganisation der Kunstverwaltung im preussischen Staate auszuarbeiten. Im Verein mit KUGLER begründete EGGERS im Jahre 1850 das Deutsche Kunstblatt, von welchem neun Jahrgänge erschienen sind. Sein literarisches Hauptwerk, die vorzügliche Biographie RAUCH's, ist, soweit sie von ihm vorbereitet war, nach seinem Tode durch seinen Bruder KARL EGGERS herausgegeben und in trefflicher Weise weiter geführt worden. Auch poetische Begabung zeichnete EGGERS aus.[1] Zu dem Siegeseinzug 1871 dichtete er Sinnsprüche für die via triumphalis, an deren künstlerischer Gesammtanordnung er auch betheiligt war. Seit dem Jahre 1863 Professor der Kunstgeschichte an der Akademie der Künste, war EGGERS später auch für die kunstgeschichtlichen Vorträge an der Gewerbe-Akademie und an der Bau-Akademie gewonnen worden. Im Frühjahr 1872 wurde EGGERS als Decernent für die Kunst-Angelegenheiten in das Unterrichtsministerium berufen, doch raffte ihn bereits am 11. August desselben Jahres ein schneller Tod dahin.

Selten hat ein Lehrer in solchem Grade die Liebe und das Vertrauen seiner Schüler genossen, wie FRIEDRICH EGGERS. Seine pädagogische Thätigkeit beschränkte sich nicht auf die Vorträge, er trat seinen Schülern persönlich nahe. In diesem intimen Verkehr konnte er das ihm vorschwebende hohe Ziel: »die Kunst für die Erziehung der Menschheit zu reiner Sittlichkeit wirksam zu machen«, so recht verfolgen. Seine Begeisterung für das Schöne und Gute theilte er seinen Schülern mit. »Um ihn sammelten sich diejenigen, welche neben den praktischen Wissenschaften den Sinn für die schönen Künste in sich wach erhalten wollten.« Mit ihnen dichtete er und wusste sie in das Reich des Schönen einzuführen.

In ergreifender Weise trat sein schönes Verhältniss zur studirenden Jugend während des grossen Jahres 1870 zu Tage. Als die Jünglinge ins Feld zogen, »da schürte er mit wuchtigen Worten die Begeisterung in ihren Herzen. Brief auf Brief sandte er hinaus ins Feld, hier an-

[1] Gedichte von FRIEDRICH EGGERS, Breslau 1874.

feuernd und ermunternd zum Ausharren, dort den tollkühnen Jugendmuth zügelnd und in die richtige Bahn leitend,« oder auch Bücher und andere Gegenstände, von denen er wusste, dass sie seinen jungen Freunden besonders ans Herz gewachsen, wurden ihnen zu Theil.

Die Liebe, deren sich der edle Mann bei seinen Schülern erfreute, kam bei der am 27. November 1872 veranstalteten Gedächtnissfeier deutlich zum Ausdruck.[1] Dass sein Andenken in der Technischen Hochschule fortlebt, beweist der Umstand, dass nach Verlauf von zehn Jahren, am 27. November 1882, die »Vereinigung für Literatur und Kunst« (ein Zweig des Vereins »Hütte«), deren Bestrebungen Eggers eifrigst gefördert hatte, abermals eine Feier zur Erinnerung an Friedrich Eggers veranstaltete. Eine bald nach seinem Tode ins Leben getretene Friedrich-Eggers-Stiftung fasste, neben den Studirenden der Universität und der Kunst-Akademie, auch solche der Bau- und der Gewerbe-Akademie ins Auge.

Am 1. April 1873 übernahm der Verfasser dieser Chronik die Vorlesungen über Kunstgeschichte.

Am 1. October 1873 wurde der jetzige Geheime Admiralitätsrath *Brix für das Schiffbaufach gewonnen; gleichzeitig begann Sanitätsrath Dr. *Reincke seine Vorlesungen über gewerbliche Gesundheitspflege, Dr. Reichel — über Mathematik.

Im Jahre 1874 traten die Marine-Schiffbau-Ingenieure Schwarz-Flemming (bis 1882) und *Dietrich (jetzt wirklicher Admiralitäts-Rath) in die Abtheilung für Schiffbau ein.

Im Sommer 1875 begann Dr. *Philipp als Privatdocent seine Vorlesungen über Chemie; am 1. October 1875 trat Professor *Jacobsthal mit dem Colleg über metallotechnische Kunstformen an die Stelle des, am 25. September desselben Jahres verstorbenen Professor Lohde. 1876 begann Dr. Moritz *Meyer seine Vorträge über Nationalökonomie; Dr. *Weyl (als Privatdocent) Vorlesungen über Technologie.

Das Dahinscheiden Lohde's beraubte die Gewerbe-Akademie ihres Seniors. Ludwig Lohde (geboren 11. April 1806 in Berlin) hatte in der Schinkel'schen Bauepoche die Begeisterung für hellenische Kunst in sich aufgenommen, und blieb seinem Ideal auch als Lehrer treu: unermüdlich trat er für die Überzeugung ein, dass das Organische der Grundgedanke der griechischen Formensprache sei. Auch literarisch bethätigte er diese seine Richtung als Mitarbeiter an seines Freundes Bötticher epochemachender »Tektonik der Hellenen«. Lohde's Lehrthätigkeit war eine

[1] An die, bei derselben von Julius Lessing und Adolf Slaby gehaltenen Reden, sowie an das, bei dieser Gelegenheit erschienene Schriftchen »Erinnerung an Friedrich Eggers« haben sich die obigen Mittheilungen gelehnt.

sehr umfangreiche, indem er auch an der Ingenieurschule, im Handwerkerverein, später auch an der Bau-Akademie wirkte. Im Jahre 1853 zum Professor ernannt, machte er eine grössere Studienreise über Wien nach Istrien und Oberitalien, zu deren Ergebnissen die Publication des Domes von Parenzo gehört. Von seinen übrigen Werken seien hier noch genannt: die Abhandlung über die Skene der Alten, die im Verein mit Kugler veranstaltete deutsche Ausgabe des Gailhabaud, der neue Text zu Mauch's »Griechischen und römischen Bauordnungen«, sowie der Text zum »Archiv der Ornamentik« von Gropius[1].

Am 1. October 1877 kamen folgende neue Lehrkräfte hinzu:

Eisenbahn-Maschinenmeister (jetzt Professor) Georg *Meyer für Eisenbahn-Maschinenbau; Baumeister Landsberg für Baumechanik (bis 1881), und Ingenieur Brauer für Maschinenbau (bis 1883), beide jetzt Professoren an der Technischen Hochschule zu Darmstadt; Dr. Biedermann für Technologie; Dr. (jetzt Professor) *Slaby, der bereits 1876 stellvertretend thätig war, für Maschinenbau; Dr. *Hilse für gewerbliche Gesetzgebung; Eisenbahn-Baumeister Wolff für Hydraulik (bis 1884).

Im Winter 1877—78 las Professor Kerl (gleichzeitig an der Berg-Akademie) über allgemeine Hüttenkunde; ferner traten Dr. *Buka für Mathematik, und Ingenieur *Wehage für Maschinenbau der Anstalt bei.

Vorübergehend waren ferner in diesem Zeitraum als ausserordentliche Lehrer oder als Privatdocenten thätig: Dr. Grothe, 1869—73, Dr. Scheibler 1870—71, (Technologie); Professor Clement, 1867—73, (Handelswissenschaften); Dr. Schoenfliess, 1873—74, (Feuerungsanlagen); Ingenieur Rittershaus, 1873—74, jetzt Professor an der Technischen Hochschule zu Dresden, (Maschinenkunde); Dr. Löwenherz, 1874—75, (Mathematik); Dr. von Dorp, 1874—75, (Chemie); Dr. Delbrück, jetzt Professor an der Landwirthschaftlichen Hochschule zu Berlin, 1875—76, (Chemie); Dr. Cech, 1876—77, (Chemie); Ingenieur Blum, 1877—78, (Veranschlagung von Maschinenbauten).

Nachdem die Zahl der am Unterrichte Theilnehmenden im Jahre 1869 auf 608 gestiegen war, erfolgte im Kriegsjahre naturgemäss ein starkes Zurückgehen, und zwar auf 353. Im Jahre 1871 betrug die Zahl der Studirenden, die Hospitanten mit eingerechnet, bereits wieder 678, und erreichte im Studienjahre 1875/76 die Höhe von 722.

[1] S. den von Fischbach verfassten Nekrolog in der Zeitschr. für bildende Kunst, Bd. XI, 1876, Beibl. S 512 ff.

III. Die Technische Hochschule.

1. Ihre Entstehung.

Wir sahen oben, wie bereits im Jahre 1817 von einer in Berlin zu begründenden, das gesammte Gebiet der Technik umfassenden Schule die Rede gewesen. Vor der Reorganisation der Gewerbe-Akademie vom Jahre 1860 hatte Nottebohm den Plan angeregt, in einem günstig belegenen Stadttheil ein, den gesteigerten Anforderungen entsprechendes Polytechnikum zu errichten, statt das Gewerbe-Institut umzubauen und durch Ankauf benachbarter Grundstücke nothdürftig zu erweitern. Sodann kam im Jahre 1863 die Begründung eines Polytechnikums im Abgeordnetenhause zur Sprache.

Erst in der zweiten Hälfte der sechziger und in den siebziger Jahren klärte sich der Begriff technischer Hochschulen. Das Vorbild der Universitäten ward immer maassgebender, die Gestaltung eine gleichmässigere.

Allgemein kam die Erkenntniss zum Durchbruch, dass die Vorbereitung für die Hochschule von der Aufgabe der letzteren auszuscheiden und den Vorbildungsanstalten zuzuweisen sei. Überall ist das Bestreben bemerkbar, den Eintritt in die technischen Hochschulen, »der Vertiefung und wissenschaftlichen Ausbildung der technischen Lehrstoffe entsprechend, von einem höhern Maasse positiver Vorkenntnisse und allgemeiner geistiger Reife abhängig zu machen.«

Musste die bedeutsame Entwickelung, welche das technische Hochschulwesen überhaupt erfahren, und namentlich auch der Umstand, dass die in Berlin getrennten Anstalten einerseits für das Baufach, andererseits für das Maschinenfach etc. anderwärts mit Erfolg Abtheilungen eines und desselben Instituts bildeten, den Gedanken an die Verschmelzung der Bau-Akademie und der Gewerbe-Akademie nahe legen, so war auch der allmälige Entwickelungsgang, den diese beiden Institute genommen, ein derartiger, dass dieselben gleichsam einer Vereinigung zuzustreben schienen.

Der frühere durchgreifende Gegensatz der beiden Anstalten, der darin bestand, dass die Bau-Akademie immer den Staatsdienst im Auge haben, und den Unterricht den staatlichen Prüfungsordnungen anpassen musste, während die Gewerbe-Akademie ihre Directive allein den Fortschritten der technischen Wissenschaften und den Bedürfnissen der gewerblichen Praxis entnehmen konnte, war allmälig abgeschwächt worden, indem einerseits, wie wir oben sahen, der jüngsten Umgestaltung der Bau-Akademie, vor allem der Trennung der Architektur und des

Ingenieurfaches, Erwägungen zu Grunde lagen, welche der Natur der Sache selbst entnommen waren, andererseits die Bedingungen für den Eintritt in die Gewerbe-Akademie denen für die Bau-Akademie angenähert, und für das Maschinenfach, den Bauprüfungen entsprechende Staats-Examina eingeführt worden waren. Wir haben ferner gesehen, wie man an beiden Anstalten zur Lernfreiheit und zu einer übereinstimmenden Verfassung vorgedrungen war, welche dem Lehrercollegium einen bedeutsamen Antheil an der Leitung gewährte. Dazu kam, dass mehrfach dieselben Gegenstände an beiden Anstalten, und zum grossen Theil von denselben Docenten gelehrt wurden.

So wurde denn die Vereinigung der Bau- und der Gewerbe-Akademie zu einer technischen Hochschule im Jahre 1876 beschlossen, und noch in demselben Jahre an die Vorbereitungen für den Neubau des Polytechnikums auf Charlottenburger Boden geschritten.

Im Frühjahr 1877 regte das Abgeordnetenhaus den Gedanken an, dass schon jetzt und vor Herstellung eines einheitlichen Gebäudes für die polytechnische Hochschule, die zur Zeit getrennten Lehranstalten: Bau- und Gewerbe-Akademie, in innere Verbindung gebracht und einer collegialisch geordneten Leitung unterstellt werden möchten.

Die Regierung leitete nun Verhandlungen zwischen Delegirten der beiden Akademien, behufs Vorbereitung eines solchen Schrittes ein.

Als Ergebniss eingehender Erwägungen und Berathungen entstand im Handelsministerium der Entwurf eines provisorischen Verfassungs-Statuts der Königlichen Technischen Hochschule zu Berlin, welcher dann, in fast unveränderter Form, durch ein Regulativ über die Organisation der Abtheilungen ergänzt, mittelst Ministerialerlasses vom 17. März 1879 als provisorisches Verfassungs-Statut in Kraft trat.[1] So datirt denn die Technische Hochschule, welche vom 1. April an dem Ministerium der geistlichen, Unterrichts- und Medicinal-Angelegenheiten unterstellt wurde, vom Sommersemester 1879.

Das provisorische Verfassungs-Statut behielt seine Gültigkeit bis zum 22. August 1882, an welchem Tage das, nur wenige Veränderungen aufweisende definitive »Verfassungs-Statut für die Technische Hochschule«, auf Grund der, am 28. Juli ertheilten Allerhöchsten Genehmigung ausgefertigt ward. Die Bestimmung des neuen Statutes, wonach die etatsmässigen Professoren von Seiner Majestät dem Könige ernannt werden, gereichte der Hochschule zu freudiger Genugthuung.

[1] S. Das Technische Unterrichtswesen in Preussen. Sammlung amtlicher Actenstücke des Handelsministeriums etc. Berlin 1879, und darin die »Denkschrift über das Technische Unterrichtswesen«, vom Handelsministerium den beiden Häusern des Landtages beim Beginn der Session 1878/79 überreicht. — Deutsche Bauzeitung 1879, S. 145 ff.

Der nachstehenden kurzen Schilderung der Verfassung der Hochschule liegt das definitive Statut zu Grunde.

Die Technische Hochschule zu Berlin hat den Zweck, für den technischen Beruf im Staats- und Gemeindedienst, wie im industriellen Leben die höhere Ausbildung zu gewähren, sowie die Wissenschaften und Künste zu pflegen, welche zu dem technischen Unterrichtsgebiet gehören.

Sogleich dieser erste Paragraph des Statuts beweist, dass es sich nicht mehr um eine Anstalt handelt, welche ihre wesentliche Aufgabe erfüllt sieht, wenn sie dem Staate gut vorbereitete technische Beamte zuführt. Sie hat, den Universitäten entsprechend, ebenso sehr die Pflicht, die Wissenschaften und Künste zu fördern, welche in ihren Bereich gehören.

Dieser Auffassung der Hochschule, als einer unabhängigen höchsten Bildungsstätte für die technischen Fächer, entspricht es auch, dass bei der Aufnahme der Studirenden zwischen Aspiranten, welche sich dem Staatsdienste widmen, und solchen, die sich für eine Privatthätigkeit vorbereiten wollen, ein Unterschied, wie noch in den Vorschriften für die Bau-Akademie vom Jahre 1876, nicht mehr gemacht wird. »Die Aufnahme eines Deutschen als Studirenden ist durch die Beibringung des Reifezeugnisses eines deutschen Gymnasiums oder eines preussischen Realgymnasiums (Realschule I. Ordnung), beziehungsweise einer preussischen Ober-Realschule (Gewerbeschule mit neunjährigem Cursus und zwei fremden Sprachen)[1] bedingt. (§. 29.)

Dem Wesen einer Hochschule entspricht ferner die, den Studirenden gewährte (wie wir sahen, auch schon an der Bau- und an der Gewerbe-Akademie eingeführte) Freiheit in der Wahl der Vorträge und Übungen (§. 5). Die von jeder der Abtheilungen (1. für Architektur, 2. Bau-Ingenieurwesen, 3. Maschinen-Ingenieurwesen, mit Einschluss des Schiffbaus, 4. Chemie und Hüttenkunde, 5. Allgemeine Wissenschaften, insbesondere Mathematik und Naturwissenschaften) aufgestellten Studienpläne haben nicht irgend bindende Kraft, sondern nur »den Zweck, zur Erleichterung der Übersicht ein Verzeichniss sämmtlicher Vorlesungen in solcher Anordnung zu geben, dass jede Vorlesung in dasjenige Semester eingereiht ist, in welchem sie im Allgemeinen am zweckmässigsten gehört wird. Jedoch soll den Studirenden hierdurch nicht empfohlen werden, eine ihre Arbeitskraft überschreitende Zahl von Collegien anzunehmen.«[2] Vielmehr wird darauf gerechnet, dass die Studirenden eine, ihren speciellen Studienzwecken entsprechende Auswahl treffen, wobei der Abtheilungs-Vorsteher ihnen mit seinem Rathe zur Seite steht.

[1] Seit 1878 bestehend. S. Circularverfügung vom 1. November 1878, betreffend die Reform der Gewerbeschulen.

[2] S. Programm für das Studienjahr 1884/85 S. 12.

Die Organe für die Leitung und Verwaltung der Technischen Hochschule sind:

1. für jede Abtheilung: der Abtheilungs-Vorsteher und das Abtheilungs-Collegium;

2. für die gesammte Hochschule: der Rector und der Senat, sowie bezüglich der Verwaltung der ökonomischen Angelegenheiten: der Syndikus. (§. 8 und §. 28.)

Jede Abtheilung bildet ein selbstständiges Ganzes. Das innerhalb derselben nach Maassgabe besonderer Vorschriften »bis auf Weiteres durch Anordnung des zuständigen Ministers«[1] gebildete Abtheilungs-Collegium hat die allgemeinen Interessen des Unterrichts auf dem betreffenden Gebiete wahrzunehmen und für die Vollständigkeit und Zweckmässigkeit desselben Sorge zu tragen. Es hat die Aufgabe, die bei seiner Abtheilung eingeschriebenen Studirenden in wissenschaftlicher Beziehung zu leiten. Der vom Abtheilungs-Collegium zur Leitung seiner Geschäfte jedesmal auf ein Jahr zu wählende Vorsteher vermittelt die Beziehungen des Abtheilungs-Collegiums zum Rector und Senat (§. 9 bis §. 15).

Rector und Senat haben die Aufgabe, die gemeinsamen Angelegenheiten der Technischen Hochschule zu leiten und die allgemeine Aufsicht und Disciplin über die Studirenden zu üben.

Der Senat besteht aus:

1. dem Rector,
2. dem Vorgänger des Rectors (Prorector),
3. den Abtheilungs-Vorstehern,
4. einer, der Zahl der Abtheilungen entsprechenden Anzahl von Senatoren, von denen jedes Abtheilungs-Collegium je einen aus seiner Mitte auf den Zeitraum von zwei Jahren wählt (§. 16 bis §. 25).

Der Rector wird vom Könige berufen. Die Amtsperiode des Rectors ist einjährig.

Der Gesammtheit der Abtheilungs-Collegien steht die Befugniss zu, alljährlich durch eine stattfindende Wahl eines ihrer Mitglieder für das Rectoramt in Vorschlag zu bringen (§. 26). Die Wiederwahl des Rectors, der Abtheilungs-Vorsteher, sowie der sonstigen Senatsmitglieder nach Ablauf ihrer Amtsperioden, ist zulässig (§. 27).

Ein Hauptunterschied zwischen der Verfassung der neu begründeten Technischen Hochschule und derjenigen der beiden Anstalten, aus denen sie zusammengewachsen, ist, dass die Decentralisation, welche, wie wir

[1] Regulativ, betreffend die Organisation der Abtheilungen vom 17. März 1879.

oben sahen, erst in der letzten Zeit des Bestehens der Bau-Akademie und der Gewerbe-Akademie angebahnt war, nun in unbedingter Weise durchgeführt ist. Diesem Princip entspricht auch am besten der häufige Wechsel im Rectoramt. Der Schwerpunkt der Organisation liegt nun nicht mehr in ihrer Spitze, sondern in der Gliederung der Abtheilungen und deren Zusammenfassung durch den Senat. Die Decentralisation ist aber bei einer Hochschule, welche sämmtliche technische Fächer vertritt, eine Grundbedingung ihrer Blüthe. »Das Polytechnikum muss gleichsam eine Vereinigung so vieler selbstständiger Akademien sein, als es Hauptgebiete der Technik giebt, die in ihr vertreten sind; nur dass diese Akademien sich nicht in beschränkte Specialschulen isoliren, sondern den Vorzug der unmittelbarsten geistigen Wechselwirkung geniessen«.[1]

2. Chronik der Technischen Hochschule vom 1. April 1879 bis zur Übersiedelung in das neue Gebäude.

a. Das Rectorat Wiebe.

In den Übergangs- und Schluss-Bestimmungen des provisorischen Verfassungs-Statuts (§. 38) war festgesetzt, dass für den Zeitraum vom 1. April 1879 bis 1. Juli 1880 der Rector und Prorector sowie die Abtheilungs-Vorsteher von dem Minister ernannt werden sollten, und erst im Sommer 1880 die Wahl einzutreten habe. Nun wurde der Geheime Regierungsrath Professor Wiebe zum Rector, der Geheime Regierungsrath Professor Reuleaux zum Prorector ernannt. Da aber Letzterer auf längere Zeit beurlaubt wurde, um bei den Weltausstellungen in Sydney und Melbourne als Reichs-Commissar zu fungiren, erfolgte alsbald die Ernennung des Professor Dr. Aronhold zum Prorector, der jedoch wegen schwerer Erkrankung, von der er sich leider nicht wieder ganz erholen sollte, bereits im Juni beurlaubt wurde.

Zu Abtheilungsvorstehern wurden ernannt:

Für die Architektur: der bisherige Vorsteher dieser Abtheilung, Professor Kühn.

Für das Bau-Ingenieurwesen, dessen bisheriger Vorsteher Professor Aronhold in die 5. Abtheilung übergeführt worden, Professor Winkler.

Für das Maschinen-Ingenieurwesen: der bisherige Vorsteher, Geheimer Regierungsrath Professor Reuleaux, und, nach dessen Beurlaubung, Professor Fink.

Für die Section für Schiffbau: Geheimer Admiralitätsrath Brix.

[1] S. die »Denkschrift über das technische Unterrichtswesen« in der oben genannten Sammlung amtlicher Actenstücke S. 6.

Für Chemie und Hüttenkunde: der bisherige Vorsteher, Professor Rammelsberg.

Für allgemeine Wissenschaften: der bisherige Vorsteher der 2. Abtheilung, Professor Aronhold.

Zum Syndikus wurde der Stadtrichter (gegenwärtig Regierungsrath) *Kuhnow ernannt.

Zu Senatoren wurden gewählt: Professor Spielberg (Abth. I); Geheimer Baurath Hagen (Abth. II); Professor Meyer (Abth. III); Professor Dr. Liebermann (Abth. IV); Professor Dr. Weingarten (Abth. V).

In einer ersten Kundgebung des Rectors an die Studirenden, vom 1. April 1879, heisst es: »Mit dem heutigen Tage gehen die Königliche Bau-Akademie und die Königliche Gewerbe-Akademie in die neu gegründete Königliche Technische Hochschule über. Beide Akademien vollenden damit eine lange, erspriessliche und ruhmreiche Wirksamkeit, welche denselben eine dauernde Erinnerung in der Geschichte des deutschen, besonders des preussischen Bau- und Gewerbewesens sichert, dessen wissenschaftliche und künstlerische Entwickelung durch dieselben wesentlich gefördert und gehoben worden ist.«

In der Zeit vom 1. April 1879 bis 1. Juli 1880 wurden berufen die Professoren: *Otzen für mittelalterliche Baukunst, *Schlichting für Wasserbau, Grove für Maschinenbau, und die Marine-Schiffbau-Ingenieure *Dill und *Görris (jetzt Admiralitätsrath). Bereits 1874 begann der Unterricht des Professor Dr. Doergens in der Geodäsie an der Gewerbe-Akademie. Seit 1877 unterrichtet Landbau-Inspector *Wolff im architektonischen Entwerfen. Als Privatdocenten habilitirten sich: die Maler Theuerkauf und *Graeb jun. für malerische Darstellung von Architekturen, die Regierungs-Baumeister Mehrtens und *Havestadt in der Abtheilung für Bau-Ingenieurwesen, Dr. *Roemer für Chemie, Dr. (gegenwärtig Professor) *Weeren für Hüttenkunde, Dr. *Hamburger für Mathematik. Professor Dr. *Liebe (Botanik) hatte schon früher an der Gewerbe-Akademie —, Post-Baurath *Tuckermann (Geschichte der Baukunst) auch an der Bau-Akademie seit 1878, — Dr. *Scholz (Projectionslehre) an letzterer seit 1877 gewirkt. Regierungs-Baumeister Luthmer folgte einem Rufe als Director der Kunstgewerbe-Schule in Frankfurt a. M.

Die Technische Hochschule zählte bei ihrer Begründung 1180 Studirende, von denen 702 der früheren Bau-Akademie, 432 der Gewerbe-Akademie angehört hatten, 46 neu immatriculirt wurden. Dazu kamen als Hospitanten oder auf Grund besonderer Berechtigung: 124 Zuhörer.

Im Wintersemester 1879/80 betrug die Zahl der Studirenden 1284, der Hospitanten 179; im Sommersemester 1880 — die Zahl der Studirenden: 1030, der Hospitanten 149.

Am 31. März, 1. und 2. April 1880 tagte, unter Vorsitz des Rectors, eine Versammlung von Delegirten sämmtlicher deutschen Technischen Hochschulen im Gebäude der früheren Gewerbe-Akademie. An dieselbe schloss sich eine zweite Versammlung im Gebäude der Bau-Akademie, unter Vorsitz des Professor Dr. Winkler an, welche über eine einheitliche Bezeichnung mathematisch-technischer Grössen verhandelte.

Am 8. Mai 1880 fand die erste Rectorwahl durch das Lehrer-Collegium der Technischen Hochschule — für die Zeit vom 1. Juli 1880 bis dahin 1881 — statt. Sie fiel auf den Rector Wiebe. Zu Abtheilungsvorstehern wurden gewählt die Professoren: Baurath Ende (I. Abth.), Dr. Winkler (II. Abth.), Fink (III. Abth.), Dr. Rammelsberg (IV. Abth.), Dr. Weingarten (V. Abth.); zu Senatoren — die Professoren: Kühn (I. Abth.), Schlichting (II. Abth.), Dr. Paalzow (V. Abth.).

Das Wintersemester 1880/81 weist 886 Studirende und 206 Hospitanten auf.

Die auch in der Folge wahrzunehmende Abnahme der Zahl der Studirenden, besonders in den Abtheilungen für Architektur und Bau-Ingenieurwesen, ist dem Umstande zuzuschreiben, dass zahlreiche Baumeister der Staatsanstellung harren, und überhaupt ein Rückschlag gegen den, in den vorangegangenen Jahren überaus grossen Zudrang zum Baufache sich naturgemäss einstellen musste.

Im Sommer 1880 traf ein harter Schlag die Hochschule. Am 13. Juni schied der Geheime Ober-Hofbaurath Strack, einer ihrer ältesten Lehrer, der mehr als 40 Jahre segensreich an der Bau-Akademie gewirkt hatte, aus dem Leben. Johann Heinrich Strack war am 24. Juli 1805 zu Bückeburg geboren, woselbst sein Vater Hofmaler und Professor war. Bis zu seinem 19. Jahre besuchte er das dortige Gymnasium, und bezog sodann, um sich dem Studium der Architektur zu widmen, die Bauschule, sowie die Kunst-Akademie zu Berlin. Nachdem er 1825 seine Prüfung als Feldmesser abgelegt, trat er als Hülfsarbeiter und Bauführer in das Atelier Schinkel's ein und erhielt hier seine eigentliche künstlerische Ausbildung, indem er, unter dem unmittelbaren Einfluss des Meisters, Jahre hindurch bei dessen Entwürfen und Bau-Ausführungen thätig war. Im Jahre 1834 veröffentlichte er, in Verbindung mit Eduard Meyerheim, eine Sammlung von Backstein-Bauwerken der Mark Brandenburg, und im Jahre 1835, gemeinsam mit dem ihm befreundeten Stüler, die Vorlageblätter für Möbeltischler. Nachdem Strack schon vom Jahre 1827 an im Architekten-Verein Unterricht im Entwerfen ertheilt hatte, wurde er 1839 als Lehrer für Architektur an der Kunst-Akademie und etwas später auch an der Bau-Akademie speciell für Entwerfen angestellt, und hat seine Lehrthätigkeit mit dem grössten Eifer bis kurz

vor seinem Tode fortgesetzt. Strack hat Seine Kaiserliche Hoheit den Kronprinzen im Zeichnen unterrichtet und war im Jahre 1853 dessen Begleiter auf einer Reise durch Italien und Sicilien; 1876 wurde er Architekt Seiner Majestät des Kaisers.

Nachstehende Schilderung der Unterrichtsweise Strack's stammt aus der Feder eines seiner Schüler:[1] »Nicht der zündende Vortrag, die begeisternde Rede waren es, durch die er seine Schüler zu bilden und anzuregen wusste; er beschränkte sich vielmehr nur auf den Unterricht im Entwerfen und bei demselben zumeist nur auf eine kurze, aber immer sachlich klare und das Rechte treffende Kritik. Auf dem einfachen Hintergrunde seiner antiken Kunstanschauung, getragen von dem hier sich völlig freie Bewegung gestattenden idealen Grundzuge seines Wesens, war er vor Allem bestrebt, den Schülern jene Grundprincipien architektonischen Schaffens — klare Anordnung der Grundrisse, logischen Aufbau der Räume und organische Übereinstimmung zwischen Äusserem und Innerem, harmonische Entwickelung der Massen in Verhältnissen und Formen — einzuprägen; dabei griff er selten selbst entwerfend ein, sondern gewährte dem Schüler den freisten Spielraum zur Entwickelung der eigenen Ideen. Nur die Auswüchse, welche die jugendliche Phantasie sich wohl zu Schulden kommen liess, beschnitt er unnachsichtig, und Stilexperimente nach der jeweiligen Mode des Tages wies er entschieden ab. Die Antike war ihm hier die allein maassgebende Richtschnur, und wie wohlthätig und grundlegend sein Unterricht, auf dieser einfachen Basis auferbaut, wirkte, das wird die grosse Zahl derer gewiss gern bezeugen, die durch Strack die erste baukünstlerische Schulung empfingen, mögen sie gleich späterhin sich in mannigfach anderen Richtungen ausgebildet haben. Bei seinem Unterrichte gab er sich ganz in seiner Liebenswürdigkeit, seinem persönlichen Interesse an dem Einzelnen, seiner von allem Eigennutz freien, wahrhaft sittlichen Einfachheit. Unterricht und Verkehr mit der Jugend war sein Herzensbedürfniss.«

Von den Bauten Strack's seien hier nur genannt: die Vollendung der, von Schinkel begonnenen Kaiserlichen Sommerresidenz Babelsberg, der Umbau des Palais für Seine Kaiserliche Hoheit den Kronprinzen; die Raczynski'sche Gemälde-Galerie; die Petri-Kirche; die Andreas-Kirche; die Villa Borsig in Moabit; das Siegesdenkmal auf dem Königsplatz; die Durchführung und Vollendung des von Stüler entworfenen Baues der National-Galerie.

Im Jahre 1862 hat Strack am Fusse der Akropolis die Reste des Dionysos-Theaters entdeckt. Ein im Sommer 1880 in Athen weilender

[1] S. H. Stier. Nekrolog Strack's in der Deutschen Bauzeitung, XIV. Jahrg. 1880. S. 267 ff.

Freund des Verstorbenen hat in der Orchestra des Theaters eine Tafel mit der pietätvollen Inschrift anbringen lassen: »Dem Auffinder des Dionysos-Theaters, dem Pfleger des Verständnisses hellenischer Kunst in Deutschland widmet diesen Stein ein Freund.«

Am 13. März 1881 beging die Technische Hochschule den hundertjährigen Geburtstag Schinkels. Vormittags fand eine erhebende Feier vor dem Denkmale am Schinkelplatz statt, bei welcher der Vorsitzende des Ausschusses der Studirenden, Max Grapow, eine Ansprache hielt. Daran schloss sich der Festakt im Rathhaussaale, bei dem sich Vorträge der Hochschule für Musik, unter Leitung des Professor Rudorff, eine Ansprache des Rectors und die Festrede des Geheimen Ober-Bauraths Adler an einander reihten.

Bald nachdem der Rector Wiebe diese erste öffentliche Feier der Technischen Hochschule in bestem Wohlsein und mit der, ihm in so hohem Grade eigenen Würde geleitet hatte, wurde er am 26. März 1881, mitten in seiner Amtsthätigkeit, von einem plötzlichen Tode ereilt, und die Hochschule durch den Verlust ihres hochverdienten Lehrers und ersten Rectors in tiefe Trauer versetzt.

Geboren in Thorn am 27. October 1818, besuchte Friedrich Carl Hermann Wiebe von 1828 bis 1835 das Gymnasium zu Elbing. Nachdem er dann 1836 bis 1839 bei Mühlenbaumeister Wulff in Danzig den Mühlenbau praktisch erlernt hatte, bezog er 1839 das Gewerbe-Institut, dessen vorgeschriebenen Studiengang er 1842 vollendete. In demselben Jahre bestand er die Staatsprüfung als Mühlenbaumeister.

Seit dem Herbst 1845 wirkte Wiebe als Hülfslehrer, seit 1846 als ordentlicher Lehrer der Maschinenkunde an der Gewerbe-Akademie und gleichzeitig an der Bau-Akademie. 1853 ward er zum Professor, 1877 zum Geheimen Regierungsrath ernannt.

Als Lehrer verstand Wiebe seine Schüler stets über die verwirrenden Detailfragen hinaus auf den grossen Zusammenhang zu lenken[1].

Neben seiner erfolgreichen Lehrthätigkeit geht die praktische und literarische einher. So führte er eine Anzahl von Mühlenbauten für Privatpersonen aus, stellte Entwürfe zu Militär-Proviant-Mühlen für verschiedene Festungen im Auftrage des Kriegsministeriums auf.

Zahlreich sind die von Wiebe herrührenden Publicationen. Ausser den selbstständig erschienenen Werken: »Archiv für den praktischen Mühlenbau;« »die Lehre von den einfachen Maschinentheilen;« Maschinenbau-Materialien;« »die Mahlmühlen;« »Skizzenbuch für den Ingenieur und Maschinenbauer« hat er viele Abhandlungen in Fachzeitschriften veröffentlicht.

[1] S. den Nekrolog von Tuckermann, in dem Centralblatt der Bauverwaltung, 1881. S. 41.

b. Das interimistische Rectorat Fink.

Nach dem Tode Wiebe's wurde Professor Fink mit der Fortführung der Rectoratsgeschäfte bis zum Ablauf des Amtsjahres (30. Juni 1881) betraut.

Das Studienjahr 1880/81 weist nachstehende Veränderungen im Lehrerpersonal auf:

In der Abtheilung für Maschinen-Ingenieurwesen trat an die Stelle des Professor Grove, der einem Rufe an das Polytechnikum zu München gefolgt war, Professor *Ludewig, bis dahin an der zuletzt genannten Hochschule. Als Privatdocent habilitirte sich Regierungs-Baumeister *Bödecker für Eisenbahnbau.

c. Das Rectorat Winkler.

1. Juli 1881 bis 30. Juni 1882.

Am 5. Mai 1881 war Professor Dr. Winkler zum Rector gewählt worden.

Als Abtheilungs-Vorsteher wirkten: die Professoren Jacobsthal (Abth. I), Schlichting (Abth. II), Meyer (Abth. III); Admiralitätsrath Dietrich (Section für Schiffbau); die Professoren Dr. Liebermann (Abth IV), Dr. Paalzow (Abth. V).

Als Senatoren traten neu ein: die Professoren Brandt (Abth. II), Hörmann (Abth. III), Dr. Hirschwald (Abth. IV), Dr. Grossmann (Abth. V).

Am 21. Januar 1882 fand eine Gedächtnissfeier zum hundertjährigen Geburtstage Beuth's statt. Dieselbe bestand in einem, im festlich geschmückten Vestibül des Gebäudes der ehemaligen Gewerbe-Akademie abgehaltenen Festact. Nach einer vom Rector gehaltenen, die Bedeutung der Feier charakterisirenden Ansprache und einem von den Studirenden gesungenen, dem Andenken Beuth's geweihten Liede hielt Professor Fink die Festrede. Eine Hymne beschloss die Feier. Abends fand ein Festcommers statt.

Dem Rechnungsrath *Fröauf wurde bei Gelegenheit der Feier seiner fünfzigjährigen dienstlichen Wirksamkeit von Seiner Majestät dem Kaiser der Titel »Geheimer Rechnungsrath« verliehen.

Im August 1881 schied Professor Biermann aus seiner nahezu vierzigjährigen Lehrthätigkeit, während deren er zahlreiche Generationen von Studirenden im Landschaftszeichnen und Aquarelliren ausgebildet hatte. An seine Stelle trat im April 1882 der Maler Jacob.

Der von Ingenieur Brauer bisher als Privat-Colleg gehaltene Vortrag über Bergwerks- und Hüttenmaschinen wurde zu einem ordentlichen Colleg erhoben. Dem Privatdocenten (gegenwärtig Professor) Schaefer wurde die Abhaltung eines ordentlichen Collegs über »Formenlehre der mittelalterlichen Baukunst« übertragen. Dr. *Grunmach habilitirte sich als Privatdocent für Physik.

Am 6. August 1881 verschied Professor Spangenberg* in seinem 67. Lebensjahre.

Ludwig Spangenberg wurde in Hanau am 29. Juni 1814 geboren. In den Jahren 1824 bis 1833 besuchte er das Gymnasium zu Speyer, um sodann bis 1838 am Polytechnikum und an der Universität in München Mathematik, Mechanik und Baukunst zu studiren. Von 1838 bis 1841 war er in der Baupraxis thätig. Um sich aber nochmals dem Studium am Polytechnikum in Wien widmen zu können, nahm er daselbst eine Stelle als Hauslehrer an und studirte dann noch ein Jahr Ingenieur-Wissenschaften in München. Nachdem er von 1846 bis 1851 im Eisenbahnbau beschäftigt gewesen, trat er als Lehrer der Ingenieur-Wissenschaften in die höhere Gewerbeschule zu Kassel ein; 1870 ward er an die Königliche Gewerbe-Akademie in Berlin als Lehrer der Ingenieur-Wissenschaften berufen.

d. Das Rectorat Kühn.

Vom 1. Juli 1882 bis 30. Juni 1883.

Am 4. Mai 1882 war die Wahl des Professor Kühn zum Rector erfolgt.

Als Prorector fungirte Professor Dr. Winkler; als Abtheilungsvorsteher —: die Professoren Schwatlo (Abth. I), Brandt (Abth. II), Reuleaux (Abth. III), Dr. Hirschwald (Abth. IV), Dr. Hertzer (Abth. V); Admiralitätsrath Dietrich (Section für Schiffbau). An Stelle der ausgeschiedenen Senatsmitglieder traten ein die Professoren: Adler (Abth. I); Goering (Abth. II) und Dr. Vogel (Abth. IV).

Im August 1882 habilitirte sich Dr. Dziobek als Privatdocent für Mathematik. Im September wurde Professor E. Dietrich die neubegründete Professur für den Strassenbau und die Encyklopädie der Bau-Ingenieur-Wissenschaften übertragen. Am 1. October schied Dr. W. Brix, Ingenieur des Kaiserlichen General-Telegraphenamtes, nach zwanzigjähriger Lehrthätigkeit an der früheren Bau-Akademie und an der Technischen

Hochschule, aus dem Lehrkörper der letzteren. In demselben Monat wurde Ingenieur Hartmann Privatdocent in der Abtheilung für Maschinen-Ingenieurwesen.

Am 19. December fand eine von den Studirenden der Hochschule veranstaltete interne Feier statt: zur Enthüllung einer von denselben zum Gedächtniss des verstorbenen Directors Lucae unter Mitwirkung der Docenten gestifteten marmornen Gedenktafel. Dieselbe, ein Werk Lürssen's, zeigt uns die edlen Züge des Dahingeschiedenen. Nach einem einleitenden Gesang, einer von dem Vorsitzenden des Ausschusses, dem Studirenden Tietze gehaltenen Ansprache und nach Enthüllung der Tafel, gab der Rector in eingehender Rede einen Abriss über das Leben Lucae's und sein die Hochschule berührendes Wirken. Eine von den Studirenden gesungene Hymne schloss die Feier.

Zum 1. April 1883 trat Professor Dr. Aronhold († 13. März 1884) in den Ruhestand. Derselbe hatte seine Thätigkeit an der Bau-Akademie im Jahre 1851 als Privatdocent begonnen, erhielt im Jahre 1860 eine ordentliche Unterrichtsstelle an dieser Lehranstalt, sowie in demselben Jahre eine solche an der Gewerbe-Akademie und wurde etatsmässig angestellt an der Gewerbe-Akademie 1864 und an der Bau-Akademie 1874.

Schon vor seinem Eintritt als Privatdocent bei der Bau-Akademie war das Verdienst Aronhold's um die Mathematik so hervorragend, dass demselben von der Universität Königsberg der Doctorgrad honoris causa zuerkannt wurde. Eine weitere Anerkennung seiner wissenschaftlichen Leistungen wurde ihm dadurch zu Theil, dass ihn 1869 die Königliche Gesellschaft der Wissenschaften zu Göttingen zu ihrem correspondirenden Mitgliede ernannte. Sein hiesiger Wirkungskreis lag dem beliebten Lehrer so sehr am Herzen, dass er ehrenvolle Anträge, die ihm von Technischen Hochschulen und Universitäten zugingen, wiederholt ausschlug; so die Berufungen an die Universitäten zu Giessen und Heidelberg, wie auch an die Technischen Hochschulen zu Zürich und Dresden.

Durch seine aufopfernde Thätigkeit, seine hohe wissenschaftliche Begabung und sein hervorragendes Lehrtalent hat Aronhold zur Blüthe der mathematischen Disciplinen an der Hochschule wesentlich beigetragen.

Die nun vacant gewordene Professur für höhere Mathematik wurde dem bisherigen Professor an der Universität zu Königsberg, Dr. H. Weber, verliehen.

Professor Dr. Rammelsberg schied am 1. April 1883, nach drei und dreissigjähriger Lehrthätigkeit, aus seiner Stellung an der Technischen Hochschule. Der Lehrstuhl für anorganische Chemie wurde Professor Dr. Rüdorff übertragen. Zu derselben Zeit wurde Dr. Slaby, welcher

bereits das Colleg über elektro-dynamische Maschinen las, mit dem Vortrage über elektrische Telegraphie betraut.

Am 6. Juni starb Professor Eduard Daege, seit 1855 Docent an der ehemaligen Bau-Akademie und später an der Technischen Hochschule.

Geboren am 10. April 1805 in Berlin, erhielt er seine erste Ausbildung in der hiesigen Königlichen Akademie der Künste, arbeitete darauf im Atelier des Professors Wach und lebte dann längere Zeit in Italien. Das Bild »die Erfindung der Malerei« (jetzt in der National-Galerie) machte seinen Namen rasch bekannt; mit Vorliebe wendete er sich der Behandlung biblischer Stoffe zu; bei der Ausschmückung der Kapelle des hiesigen Königlichen Schlosses, sowie des neuen Museums war er in hervorragender Weise thätig; Daege wurde 1835 ordentliches Mitglied der Königlichen Akademie der Künste, 1838 Lehrer der Antiken-Classe derselben, 1840 Professor, 1852 lebenslängliches Mitglied des Senats und 1861 stellvertretender Director, welches Amt er bis zu der im Jahre 1875 erfolgten Neuorganisation der Akademie beibehielt. Er war ausserdem Mitglied der Akademie der Künste zu Wien und des Sachverständigen-Vereins, betreffend die Beurtheilung des Urheberrechts an Werken der bildenden Künste.

Seine vieljährige erfolgreiche Thätigkeit an der Bau-Akademie und Technichen Hochschule sicherte ihm die Hochachtung der Docenten und Studirenden.

e. Das Rectorat Hauck.

Vom 1. Juli 1883 an.

Am 27. April 1883 war Professor Dr. Hauck zum Rector gewählt worden und verblieb, in Folge seiner Wiederwahl am 25. April 1884, auch für das Amtsjahr 1884/85 in dieser Stellung.

Das Prorectorat hat Professor Kühn inne. Als Abtheilungsvorsteher fungirten vom 1. Juli 1883 bis 30. Juni 1884 die Professoren Otzen (Abth. I), Goering (Abth. II), Hörmann (Abth. III), Dr. R. Weber (Abth. IV), Dr. Kossak (Abth. V); der Kaiserliche Marine-Ingenieur Dill (Section für Schiffbau). — Am 1. Juli 1884 traten als Abtheilungsvorsteher ein: die Professoren Dr. Dobbert (Abth. I), Dr. Doergens (Abth. II), Consentius (Abth. III), Dr. Vogel (Abth. IV), Dr. H. Weber (Abth. V), und nach dessen Ausscheiden Dr. Weingarten. Marine-Ingenieur Dill blieb Vorsteher der Section für Schiffbau.

Am 1. Juli 1883 ward der Senat ergänzt durch die Professoren: Dietrich (Abth. II), Consentius (Abth. III), Dr. Vogel (Abth. IV), Grell (Abth. V); für das folgende Jahr — durch die Professoren: Baurath Raschdorff (Abth. I), Schlichting (Abth. II), Ludewig (Abth. III), Dr. Rüdorff (Abth. IV).

Im October 1883 wurde dem Lehrer am Kunst-Gewerbemuseum und an der Königlichen Kunstschule, Historienmaler Professor Schaller der Unterricht im Figurenzeichnen, als Nachfolger des verstorbenen Professors Daege, übertragen. Mit Beginn des Sommersemesters 1884 übernahm Professor Dr. Slaby den Vortrag über Maschinenmesskunde, Privatdocent Ingenieur Hartmann denjenigen über Bergwerks- und Hütten-Maschinen.

Als Privatdocenten habilitirten sich: zum Beginn des Unterrichtsjahres 1883/84 Architekt *Cremer für das Entwerfen des inneren Ausbaues eines Gebäudes nach kunstgewerblichen Gesichtspunkten, und zum Anfang des Sommersemesters 1884 — Dr. *Grosse für die mathematische Theorie der Bevölkerungsstatistik und des Lebensversicherungswesens.

Wieder hatte die Hochschule einen schweren Verlust zu beklagen. Am 4. Juni 1884 starb Professor Dr. Grossmann. Bei voller Frische und Kraft ist er einer umfangreichen Wirksamkeit entrissen worden; war er doch auch Lehrer an der Landwirthschaftlichen Hochschule, Mitglied der Prüfungs-Commission für das Baufach und Maschinenbaufach und Vorsitzender der Prüfungs-Commission für Lehrer an Gewerbeschulen. Grossmann war am 11. Juni 1823 geboren; im Jahre 1848 trat er seine Lehrthätigkeit bei dem hiesigen Köllnischen Gymnasium an; 1855 wurde er Director der Provincial-Gewerbeschule in Schweidnitz und folgte 1863 einem Rufe als Lehrer der Mechanik an die Gewerbe-Akademie. Die Verdienste Grossmann's um die letztere und um die Technische Hochschule erstrecken sich auf die Hebung des technischen Studiums überhaupt.. Grossmann besass eine hohe Gelehrsamkeit auf dem Gebiete der Mechanik und Physik, sowie die Gabe, alles ihm in der Wissenschaft neu Entgegentretende schnell und scharf aufzufassen und mit strenger Sichtung und der erforderlichen Verallgemeinerung an die Stelle einzuordnen, welche die Einheitlichkeit der Wissenschaft verlangt. Hierdurch sind seine Vorlesungen so bedeutungsvoll geworden; wie er auch in vielen Fällen zu wichtigen wissenschaftlichen Arbeiten Anregung gegeben hat.

Professor Dr. Heinrich Weber folgte am Schlusse des Sommersemesters 1884 einem Rufe an die Universität Marburg. An seine Stelle ist der aus Tübingen berufene Professor Dr. *du Bois-Reymond getreten.

Der am 13. August 1882 verstorbene Rentier Schwarz hat in seinem Testament der Hochschule ein Kapital zum Zwecke der Errichtung einer »Rentier Carl August Schwarz'schen Stipendienstiftung« zur Unterstützung von Studirenden vermacht.

3. Zur Entstehungsgeschichte des neuen Gebäudes.

Während Lehrer, Beamte und Studirende sich allmälig in die neuen Verhältnisse einlebten und die Technische Hochschule nach Maassgabe ihrer Verfassung sich innerlich ausgestaltete, ward eifrig daran gearbeitet, diesem neuen Organismus auch ein, der hohen Auffassung seines Wesens entsprechendes Äusseres zu schaffen.

Im Frühjahr 1876 war das Programm für den Neubau aufgestellt worden; im Sommer entstanden Entwurfsskizzen für verschiedene zur Wahl gestellte Bauplätze, bis schliesslich die Entscheidung für das am Hippodrom belegene Grundstück ausfiel. Im Februar 1877 ward dem Director Lucae die Anfertigung von Skizzen, sowie die Ausarbeitung des Entwurfs und die künstlerische Leitung des Baues übertragen, während Baurath Stüve den Auftrag erhielt, die Bauten unter eigener Verantwortung zur Ausführung zu bringen und die Leitung der Verwaltungsgeschäfte zu übernehmen. Landbau-Inspector Koch ward ihm zur Hülfeleistung beigegeben.

Lucae hatte noch die Freude, seinen Entwurf genehmigt zu sehen. Nach seinem Tode ward der Geheime Regierungsrath Hitzig, Präsident der Königlichen Akademie der Künste, im Januar 1878 mit der künstlerischen Leitung des Baues betraut. Die allgemeine Grundrissanordnung wurde beibehalten, dagegen der Aufbau, namentlich das Hauptvestibül, der Säulenhof, die nördliche Hauptfassade mit ihrem grossartigen Mittelbau und den energisch vorgeschobenen Flügelbauten, neu gestaltet.

Auf dem zunächst überwiesenen Bauplatze war anfänglich nur die Lage des Hauptgebäudes und des chemischen Laboratoriums bestimmt. Die spätere Vergrösserung der Fläche ermöglichte es indessen, nicht allein das letztere gegen das Hauptgebäude etwas zurücktreten zu lassen, sondern auch die kleineren Nebengebäude: Kessel- und Maschinenhaus, sowie das Gebäude für die technischen Versuchsanstalten, an die östliche Grenze des Grundstückes zu verlegen[1].

[1] S. Stüve, Neubau der Technischen Hochschule in Berlin. Centralblatt der Bauverwaltung. 1883 und 1884.

Im Frühjahr 1878 begann die Bauausführung. Das Hauptgebäude war im Aussenbau vollendet, als Hitzig am 11. October 1881 aus dem Leben schied.

Hitzig hatte zu der nun stark gelichteten Reihe von Architekten gehört, welche ihre künstlerische Ausbildung noch unter dem unmittelbaren Einfluss Schinkel's empfangen. Seine architektonischen Studien hatte er an der Allgemeinen Bauschule unter Beuth's Directorat gemacht. Während einer langjährigen, zahlreiche bedeutsame Erfolge aufweisenden Wirksamkeit hat er für die neuere Baukunst Berlins bahnbrechend gewirkt.

Hitzig's Nachfolger in der künstlerischen Leitung des Neubaus wurde Baurath Professor Raschdorff. Von demselben rührt der innere Ausbau des Hauptgebäudes, das Chemische Laboratorium, unter Anschluss an Hitzig's Grundriss, und der Entwurf zu den Gartenanlagen her.

Mit dem Schluss des Sommersemesters 1884 hat der provisorische Zustand der Technischen Hochschule, bei welchem die Entfernung zwischen den beiden Gebäuden am Schinkelplatz und in der Klosterstrasse manche Unzuträglichkeiten mit sich brachte, sein Ende erreicht.

Das Studienjahr 1884/85 beginnt mit der feierlichen Einweihung des neuen Hauses.

Die räumliche Vereinigung der einzelnen Bestandtheile der Hochschule wird ihr Zusammenwachsen zu einem Ganzen vollenden.

Die geschichtliche Übersicht hat gezeigt, wie der Gedanke einer technischen Hochschule, die ihren Schwerpunkt in sich selbst hat, nur ganz allmälig durchdringen konnte.

In der von Seiner Majestät dem Kaiser und König unserer Hochschule huldvollst verliehenen Verfassung besitzen wir die sichere Grundlage, auf welcher die nunmehr verwirklichte technische Hochschule sich im Einzelnen ausgestalten kann.

Möge es der Hochschule in ihrem neuen stattlichen Heim beschieden sein, unter dem Schutze der hohen Staatsregierung, der ihrer Entstehung zu Grunde liegenden hohen Idee immerdar treu zu bleiben. Möge sie unentwegt ihrem Ideale nachstreben: eine wahre Bildungsstätte für den technischen Beruf, eine rechte Pflegestätte für Wissenschaft und Kunst zu sein!

II. ABHANDLUNGEN.

Über die Theorie der aufeinander abwickelbaren Oberflächen.

Von J. Weingarten.

Die Bestimmung aller derjenigen Oberflächen, deren Theile auf die Theile einer gegebenen Fläche abwickelbar sind, erfordert bekanntlich die allgemeinste Ermittelung dreier, von zwei reellen Veränderlichen abhängigen, reellwerthigen Functionen x, y, z, die der Gleichung:

a. $$dx^2 + dy^2 + dz^2 = Edp^2 + 2Fdpdq + Gdq^2$$

Genüge leisten, in welcher Gleichung E, F, G gegebene Functionen der Veränderlichen p, q, und zwar die Coefficienten des Quadrates des Linienelements der gegebenen Fläche, bezeichnen.

Die Ermittelung dieser Functionen x, y, z ist hiernach abhängig von der Integration der drei simultanen partiellen Differentialgleichungen:

a′. $$\begin{aligned} \left(\frac{\partial x}{\partial p}\right)^2 + \left(\frac{\partial y}{\partial p}\right)^2 + \left(\frac{\partial z}{\partial p}\right)^2 &= E \\ \frac{\partial x}{\partial p}\frac{\partial x}{\partial q} + \frac{\partial y}{\partial p}\frac{\partial y}{\partial q} + \frac{\partial z}{\partial p}\frac{\partial z}{\partial q} &= F \\ \left(\frac{\partial x}{\partial q}\right)^2 + \left(\frac{\partial y}{\partial q}\right)^2 + \left(\frac{\partial z}{\partial q}\right)^2 &= G. \end{aligned}$$

Zur Ausführung dieser Integration bietet sich zunächst der Weg dar, durch Elimination zweier der zu bestimmenden Functionen y, z, aus den vorstehenden drei Gleichungen mit Hülfe partieller Differentiationen eine einzige partielle Differentialgleichung abzuleiten, welcher die Function x zu genügen hat. An die nämliche Differentialgleichung würden, der zwischen den Functionen x, y, z herrschenden Symmetrie wegen, auch die zwei Functionen y und z gebunden sein.

Dieser Weg ist in der That von Edmond Bour, bei seiner Beantwortung der von der Akademie der Wissenschaften zu Paris für das Jahr 1860 vorgelegten Preisaufgabe, die Theorie der aufeinander abwickelbaren Oberflächen betreffend, eingeschlagen worden; wenngleich mit der Modification, dass er specialisirte Formen des Quadrates des Linienelementes der gegebenen Fläche zum Ausgangspunkte der Unter-

suchung wählte. Allein dieser Ausgangspunkt führt nach unserer Auffassung, entgegen der Meinung BOUR's (Théorie de la déformation des surfaces. Journal de l'école polytechnique Tome XII, pag. 5) anstatt accessorische Schwierigkeiten des Problems bei Seite zu lassen, gerade solche Schwierigkeiten herbei, selbst dann, wenn davon abgesehen wird, dass eine Einführung neuer unabhängiger Variablen in eine partielle Differentialgleichung im Allgemeinen mit einer Veränderung des Gebietes der ursprünglichen Variablen verbunden erscheint.

Seit einer langen Reihe von Jahren ist es uns aufgefallen, dass nirgends bemerkt worden, wie die Elimination zweier der Functionen x, y, z aus den Gleichungen a'. durch GAUSS in den disquisitiones generales. circa superficies curvas in aller Allgemeinheit so weit vorbereitet worden ist, dass dieselbe als eine durch GAUSS selbst gegebene bezeichnet werden darf, wenngleich sie an der anzuführenden Stelle nicht vollzogen wurde.

Man findet im Abschnitt XI der Disquisitiones die nachstehenden Gleichungen

$$\text{b.}\qquad \begin{aligned} AD &= \frac{\partial^2 x}{\partial p^2}\Delta + \frac{\partial x}{\partial p}(nF - mG) + \frac{\partial x}{\partial q}(mF - nE) \\ AD' &= \frac{\partial^2 x}{\partial p \partial q}\Delta + \frac{\partial x}{\partial p}(n'F - m'G) + \frac{\partial x}{\partial q}(m'F - n'E) \\ AD'' &= \frac{\partial^2 x}{\partial q^2}\Delta + \frac{\partial x}{\partial p}(n''F - m''G) + \frac{\partial x}{\partial q}(m''F - n''E) \\ \Delta &= EG - F^2, \end{aligned}$$

und im Abschnitt X die Gleichung

$$\text{c.}\qquad \frac{DD'' - D'^2}{\Delta^2} = k,$$

in welcher k das im XI. Abschnitt durch die Coefficienten E, F, G dargestellte Krümmungsmaass der gegebenen Fläche bezeichnet.

Setzt man zur Vereinfachung der Schreibweise

$$\begin{aligned} mG - nF &= \Delta M \qquad & nE - mF &= \Delta N \\ m'G - n'F &= \Delta M' \qquad & n'E - m'F &= \Delta N' \\ m''G - n''F &= \Delta M'' \qquad & n''E - m''F &= \Delta N'', \end{aligned}$$

und führt man aus demselben Grunde für die ersten und zweiten partiellen Differentialquotienten einer Function x nach den Variablen p, q die Bezeichnungen $x_1, x_2, x_{11}, x_{12}, x_{22}$ ein, so sind die sechs Grössen M, N etc., als durch die gegebenen E, F, G bestimmte, ebenfalls gegebene Grössen, und man erhält aus den Gleichungen b. und c. die folgende:

$$A^2k = (x_{11} - Mx_1 - Nx_2)(x_{22} - M''x_1 - N''x_2) - (x_{12} - M'x_1 - N'x_2)^2$$

und in Folge der einfachen Relation

$$A^2 = (y_1 z_2 - z_1 y_2)^2 = (E - x_1^2)(G - x_2^2) - (F - x_1 x_2)^2$$

ergiebt sich die Gleichung

d. $\Delta(1 - \Delta_1(x))k = (x_{11} - Mx_1 - Nx_2)(x_{22} - M''x_1 - N''x_2) - (x_{12} - M'x_1 - N'x_2)^2$

in welcher $\Delta_1(x)$ den Differentialparameter

$$\frac{Ex_2^2 - 2Fx_1x_2 + Gx_1^2}{\Delta}$$

der Function x bezeichnet, als diejenige partielle Differentialgleichung zweiter Ordnung, welcher die Function x, ebenso wie die zwei andern y, z in Folge der Gleichungen a'. zu genügen haben.

Wählt man $E = 0$, $F = 2\lambda$, $G = 0$ (unter Voraussetzung der Einführung complexer conjugirter Variablen p, q), so erhält man aus dieser Gleichung die von BOUR auf p. 15 der angeführten Abhandlung gegebene Gleichung III.

Allein der Meinung BOUR's, dass diese Gleichung, oder allgemeiner die Gleichung d., die Differentialgleichung der Coordinaten derjenigen Flächen darstelle, welche auf die gegebene Fläche, vom Linienelement $\sqrt{Edp^2 + 2Fdpdq + Gdq^2}$, abwickelbar sind, können wir uns nicht anschliessen.

In der That ist nicht jede reellwerthige Function x der Variablen p, q, welche der partiellen Differentialgleichung d. Genüge leistet, als eine Function zu betrachten, die mit zwei anderen Functionen y, z derselben Natur combinirt, geeignet sei die Fundamentalgleichung

a. $$dx^2 + dy^2 + dz^2 = Edp^2 + 2Fdpdq + Gdq^2$$

zu erfüllen, wie es doch sein müsste, wenn die von uns nicht getheilte Meinung eine begründete wäre.

Man überzeugt sich von dieser Behauptung leicht, wenn man die Differentialgleichung d. auf einem anderen Wege ableitet, der über ihren Inhalt eine befriedigendere Auskunft gewährt.

Setzt man nämlich die Gleichung a. in die Gestalt:

$$dy^2 + dz^2 = [E - x_1^2]\,dp^2 + 2[F - x_1x_2]\,dp\,dq + [G - x_2^2]\,dq^2,$$

so erkennt man, dass die quadratische Form der Grössen dp, dq, welche die rechte Seite vorstehender Gleichung darstellt, das Krümmungsmaass Null besitzen muss.

Wenn man dieses Krümmungsmaass durch die von GAUSS am angeführten Orte gegebene Formel bildet, so wird man, wie leicht zu erkennen, zu einer partiellen Differentialgleichung zweiter Ordnung für

die Function x geführt, welche sich mit der Differentialgleichung d. identisch erweist.

Die Differentialgleichung d. lässt sich daher als der Ausdruck der Bedingung auffassen, dass die quadratische Form

$$[E - x_1^2]\,dp^2 + 2[F - x_1 x_2]\,dp\,dq + [G - x_2^2]\,dq^2$$

das Krümmungsmaass Null besitze, oder, was bekanntlich dasselbe aussagt, dass diese Form in das Product der Differentiale zweier Functionen α, β der Variablen p, q umgeformt werden kann.

Jede Function x, welche der Differentialgleichung d. genügt, erfüllt daher die Gleichung

$$[E - x_1^2]\,dp^2 + 2[F - x_1 x_2]\,dp\,dq + [G - x_2^2]\,dq^2 = d\alpha\,d\beta,$$

in welcher die Functionen α, β leicht bestimmbare sind.

Zerlegt man nämlich die quadratische Form der linken Seite dieser Gleichung, in bekannter Weise, in zwei lineare Factoren $a dp + b dq$, $a'dp + b'dq$, so existirt stets eine Function ϕ, welche den zwei Gleichungen

e. $$\begin{aligned} e^{\phi}\,(a dp + b dq) &= d\alpha \\ e^{-\phi}\,(a'dp + b'dq) &= d\beta \end{aligned}$$

gleichzeitig genügt.

Die aus diesen Gleichungen folgenden Integrabilitätsbedingungen

$$\frac{\partial e^{\phi} a}{\partial q} = \frac{\partial e^{\phi} b}{\partial p}$$
$$\frac{\partial e^{-\phi} a'}{\partial q} = \frac{\partial e^{-\phi} b'}{\partial p}$$

bestimmen offenbar die Differentialquotienten $\frac{\partial \phi}{\partial p}, \frac{\partial \phi}{\partial q}$ durch die mit der gegebenen quadratischen Form gegebenen Grössen a, b, a', b' und deren Differentialquotienten. Nach der Bestimmung von $\frac{\partial \phi}{\partial p}, \frac{\partial \phi}{\partial q}$ ergiebt sich die Function ϕ durch eine Quadratur, und nach der Ermittelung dieser Function sind die Functionen α und β selbst aus den Gleichungen e. durch Quadraturen bestimmbar.

Aber nur in dem besonderen Falle, dass die so ermittelten Functionen α, β für alle Werthe der Variablen p, q, welche dem betrachteten Gebiete oder einem Theile desselben angehören, conjugirte complexe Werthe $y + zi$, $y - zi$ annehmen, hat die Function x, welche der Gleichung d. genügte, die Eigenschaft, dass zwei reellwerthige Functionen y und z existiren, welche mit dieser Function x zusammen die Gleichung

$$dx^2 + dy^2 + dz^2 = E dp^2 + 2F dp dq + G dq^2$$

zu einer identischen machen.

Dieser besondere Fall tritt nur dann ein, wenn die Function x ausser der Eigenschaft, der Differentialgleichung d. zu genügen, noch die fernere besitzt, die Ungleichheit

$$\left[E-\left(\frac{\partial x}{\partial p}\right)^2\right]\left[G-\left(\frac{\partial x}{\partial q}\right)^2\right]-\left[F-\frac{\partial x}{\partial p}\frac{\partial x}{\partial q}\right]^2>0$$

zu befriedigen, die eine einfache geometrische Eigenschaft derjenigen Functionen x ausdrückt, welche geeignet sind, als Coordinate x einer krummen Fläche vom Linienelement $\sqrt{Edp^2+2Fdp\,dq+Gdq^2}$ betrachtet zu werden.

In dem Falle, dass diese Ungleichheit nicht besteht, d. h. in dem Falle, dass die Functionen α, β sich für das betreffende Gebiet der Variablen p, q als reellwerthig ergeben, kann das Product $d\alpha\,d\beta$ nur in die Form dy^2-dz^2 gesetzt werden, und ist alsdann die, der Differentialgleichung d. genügende Function x geeignet, mit den Functionen y und z gemeinschaftlich die Gleichung

$$dx^2+dy^2-dz^2=Edp^2+2Fdp\,dq+Gdq^2$$

zu erfüllen, welche dem Problem der Abwickelbarkeit der krummen Flächen auf einander, fremd ist.

Man kann daher in Folge der vorstehenden Auseinandersetzungen die partielle Differentialgleichung d. sowohl als das Eliminationsresultat der Functionen y, z aus der einen oder der anderen Reihe der nachstehenden zwei mal drei Gleichungen

$$\left(\frac{\partial x}{\partial p}\right)^2+\left(\frac{\partial y}{\partial p}\right)^2+\varepsilon\left(\frac{\partial z}{\partial p}\right)^2=E$$
$$\frac{\partial x}{\partial p}\frac{\partial x}{\partial q}+\frac{\partial y}{\partial p}\frac{\partial y}{\partial q}+\varepsilon\frac{\partial z}{\partial p}\frac{\partial z}{\partial q}=F$$
$$\left(\frac{\partial x}{\partial q}\right)^2+\left(\frac{\partial y}{\partial q}\right)^2+\varepsilon\left(\frac{\partial z}{\partial q}\right)^2=G$$

auffassen, die erhalten werden, wenn einmal unter ε die positive Einheit, und alsdann unter ε die negative Einheit verstanden wird.

Man bemerkt ferner, dass, soweit unter den Functionen E, F, G nur solche verstanden werden, die geeignet sind, als die Coefficienten des Quadrates des Linienelements einer krummen Fläche aufzutreten, die in Rede stehende Differentialgleichung d. zweien, für reellwerthige Functionen x, y, z wesentlich verschiedenen Transformationsproblemen zukömmt, nämlich den durch die Gleichungen

a. $$dx^2+dy^2+dz^2=Edp^2+2Fdp\,dq+Gdq^2$$

a*. $$dx^2+dy^2-dz^2=Edp^2+2Fdp\,dq+Gdq^2$$

unterschiedenen, von denen nur die erstere in Beziehung zu dem Probleme der Auffindung derjenigen Flächen steht, die auf eine gegebene abwickelbar sind, während die letztere, in Beziehung auf x, y, z nicht symmetrische nur für die Functionen x, y die Erfüllung der Gleichung d. fordert, für die Function z dagegen die Erfüllung der nachstehenden:

$$\text{d}^*. \quad -\Delta(1+\Delta_1(z))k = (z_{11} - Mz_1 - Nz_2)(z_{22} - M''z_1 - N''z_2) - (z_{12} - M'z_1 - N'z_2)^2.$$

Diese letztere Gleichung, welche sich auch als die Bedingung für den Umstand auffassen lässt, dass die Form

$$[E + z_1^2]\,dp^2 + 2[F + z_1 z_2]\,dp\,dq + [G + z_2^2]\,dq^2$$

das Krümmungsmaass Null besitze, ist, im Gegensatz zur Differentialgleichung d., in der That die entscheidende Differentialgleichung des Transformationsproblems a*. Jeder ihr genügenden reellwerthigen Function z entsprechen, da die vorstehende quadratische Form der Differentiale dp, dq stets eine wesentlich positive ist, zwei reellwerthige Functionen x, y, welche mit z gemeinschaftlich die Gleichung

$$\text{a}^*. \qquad dx^2 + dy^2 - dz^2 = E\,dp^2 + 2F\,dp\,dq + G\,dq^2$$

befriedigen. Diese Functionen x, y genügen der Differentialgleichung d. ohne dass sie zu dem Problem der Abwickelbarkeit in Beziehung stehen.

Die Differentialgleichung d. besitzt daher in Beziehung auf die ihr genügenden Functionen x einen grösseren Umfang, als der durch das Problem der Deformation der krummen Flächen vorgeschriebene. Für die Behandlung dieses Problems wird man daher diese Differentialgleichung verlassen, oder die zwei durch sie bedingten Transformationsaufgaben von einander trennen müssen.

BOUR giebt in seiner Theorie de la déformation des surfaces noch eine zweite Methode zur Aufsuchung dreier Functionen x, y, z, welche die Gleichung a. zu erfüllen geeignet sind. Diese Methode ist an die Voraussetzung gebunden, dass das Quadrat des Linienelements der gegebenen Fläche in der Form

$$dp^2 + G\,dq^2$$

gegeben, oder in dieselbe gebracht sei. Sie ist von dem Vorwurf frei, dass sich bei ihrer Befolgung auch solche Functionen x, y, z ergeben könnten, die dem gestellten Probleme fremd sind, und trennt in der That die durch die Gleichungen a. und a*. definirten Transformationsaufgaben von einander, wenngleich dieser Umstand BOUR entgangen ist, der seiner zweiten Methode denselben Umfang zuschreibt, wie seiner ersten. Die Methode selbst gründet sich auf specielle geometrische Eigenschaften der geodätischen Linien der krummen Oberflächen, und

erfordert vor dem Eintritt in dieselbe die erfolgte Integration der Differentialgleichung der geodätischen Linien für eine gegebene Fläche. Nach dieser als geschehen betrachteten Integration führt Bour die Bestimmung der gesuchten Functionen x, y, z zurück auf die Ermittelung dreier schon durch eine homogene Gleichung zweiten Grades verbundenen Functionen H, T, H_1 der Veränderlichen p, q aus zwei weiteren diese Functionen beherrschenden simultanen linearen partiellen Differentialgleichungen, und auf die darauf folgende Integration eines Systems von neun simultanen gewöhnlichen, auf die Variable p bezüglichen, linearen Differentialgleichungen erster Ordnung, welche Integration so auszuführen ist, dass durch die neun zu ermittelnden Functionen ein ähnliches System von neun auf die Variable q bezüglichen Differentialgleichungen gleichfalls erfüllt wird. Die Differentialgleichungen für die Functionen H, T, H_1 sind die nothwendigen Bedingungen für die Möglichkeit des gleichzeitigen Bestehens dieser letzteren achtzehn Differentialgleichungen.

Die für die Functionen H, T, H_1 aufgestellten Gleichungen bezeichnet Bour als die Fundamentalgleichungen des Problems der Auffindung der Flächen, welche auf eine gegebene aufwickelbar sind.

Nach Bour sind von verschiedenen Autoren für die von Gauss durch D, D', D'' bezeichneten Grössen, oder für Producte dieser Grössen mit einfachen Potenzen der Determinante $\triangle$, Differentialgleichungen angegeben worden, welche für den Fall, dass nicht die specialisirte Form $\sqrt{dp^2 + Gdq^2}$ sondern die allgemeine $\sqrt{Edp^2 + 2Fdpdq + Gdq^2}$ den Ausgangspunkt geometrischer Untersuchungen bildet, geeignet sind, die Bour'schen Fundamentalgleichungen zu ersetzen. Die Functionen H, T, H_1 Bours selbst sind solche Producte.

Allein es sind, unseres Wissens nach, die Schritte, die nach der Kenntniss der Grössen D, D', D'' noch zurückzulegen sind, um zur definitiven Darstellung der Coordinaten x, y, z der gesuchten Flächen zu gelangen, nicht besprochen worden. Erst in neuester Zeit hat Lipschitz (Sitzungsberichte der Königl. Preuss. Akademie der Wissenschaften zu Berlin, Jahrgang 1883 S. 550 und 551) unter Beibehaltung der Grössen H, T, H_1 als zu bestimmender, die Bour'schen Fundamentalgleichungen in die allgemeineren, für jede gegebene Form des Linienelements gültigen, transformirt, und die betreffenden Schritte unter Einführung neuer zu suchender geometrisch definirter Functionen praecisirt. Allein diese eleganten Untersuchungen reduciren jene Schritte nach unserer Meinung nicht auf ihr geringstes Maass, und verzichten durch die Einführung unsymmetrischer Beziehungen auf die Symmetrie der Endresultate.

Wir werden in der Folge nachweisen, dass nach geschehener Ermittelung dreier Fundamentalgrössen, die durch Gleichungen von der Natur der BOUR'schen definirt sind, zur definitiven Darstellung der Functionen x, y, z nur noch die Integration zweier gewöhnlicher linearen Differentialgleichungen zweiter Ordnung erforderlich ist, bei welchem Nachweise sich zugleich ergeben wird, dass gleiche Anforderungen auch in Beziehung auf die Lösung des Transformationsproblems

$$dx^2 + dy^2 - dz^2 = E dp^2 + 2F dp dq + G dq^2$$

ausreichen, unabhängig davon, dass wir für dieses Problem schon die, dasselbe vollständig beherrschende, partielle Differentialgleichung d*. aufgestellt haben.

In den nachstehenden Entwickelungen sind geometrische Betrachtungen, so wie die Ausführung von Beispielen, vermieden worden. Es ist aber leicht, aus den bekannten endlichen Gleichungen der von mir im CRELLE-BORCHARDT'schen Journal (Bd. 59) angegebenen Classe der auf die Rotationsfläche der Kettenlinienevolute abwickelbaren Flächen, so wie aus denen der anderen Classe von auf eine bestimmte Rotationsfläche auflegbaren Flächen, die ich ebendaselbst (Bd. 62) aufgestellt habe, rückwärts diese Entwickelungen zu verificiren, und in speciellen Fällen des gegebenen Linienelements Integrale der Gleichungen a. sowohl, als der BOUR'schen Fundamentalgleichungen, anzugeben, welche Aufschlüsse über die Natur dieser Gleichungen darbieten.

Die zwei eben erwähnten Flächenclassen, welche leicht um diejenige der Oberflächen vom Linienelement

$$\sqrt{dp^2 + 2q dp dq + 2p dq^2}$$

(die durch die Minimalflächen bestimmt sind) vermehrt werden können, sind, wenn man von der seit EULER bekannten Classe der auf die Ebene abwickelbaren Flächen absieht, die einzigen Classen auf einander abwickelbarer Oberflächen, deren endliche Gleichungen bisher gegeben wurden.

I.

Man verdankt GAUSS die fundamentale Entdeckung einer besonderen bei der Transformation der quadratischen binären Differentialformen bestehenden Invarianz.

Geht die in den Differentialen dp, dq quadratische Form

$$A = a_{11} dp^2 + 2a_{12} dp dq + a_{22} dq^2,$$

in welcher a_{11}, a_{12}, a_{22} gegebene Functionen der reellen Variablen p, q

bezeichnen, durch die Substitutionen $p' = f(p, q)$, $q' = \phi(p, q)$ über in die andere

$$A' = a'_{11}dp'^2 + 2a'_{12}dp'dq' + a'_{22}dp'^2,$$

in der a'_{11}, a'_{12}, a'_{22} nunmehr bekannte Functionen der Variablen p', q' bezeichnen, so wird eine von GAUSS angegebene Function k, die aus den Coefficienten $a_{i,k}$ und deren ersten und zweiten partiellen Derivirten gebildet ist, durch die nämlichen Substitutionen in die gleiche Function der Coefficienten $a'_{i,k}$ und ihrer partiellen Derivirten nach den Variablen p', q' übergeführt.

Diese von GAUSS gegebene Invariante k lässt sich in der symmetrischen Form

$$k = \frac{-1}{2\sqrt{a}}\left\{\frac{\partial\left[\dfrac{a_{12}\dfrac{\partial\log\frac{a_{22}}{a_{11}}}{2\partial q} + \dfrac{\partial a_{22}}{\partial p} - \dfrac{\partial a_{12}}{\partial q}}{\sqrt{a}}\right]}{\partial p} + \frac{\partial\left[\dfrac{a_{12}\dfrac{\partial\log\frac{a_{11}}{a_{22}}}{2\partial p} + \dfrac{\partial a_{11}}{\partial q} - \dfrac{\partial a_{12}}{\partial p}}{\sqrt{a}}\right]}{\partial q}\right\}$$

$$a = a_{11}a_{22} - a_{12}^2$$

darstellen.

Wenngleich GAUSS die Herleitung dieses Resultates scheinbar auf solche Formen

$$a_{11}dp^2 + 2a_{12}dpdq + a_{22}dq^2$$

beschränkt, welche fähig sind, das Quadrat des Linienelements einer krummen Fläche darzustellen, so bemerkt man leicht, dass dasselbe für alle Formen von nicht verschwindender Determinante $a_{11}a_{22} - a_{12}^2$ seine Gültigkeit behält. Wenn wir das, von ihm selbst seiner Preisschrift »Allgemeine Lösung der Aufgabe, die Theile einer gegebenen Fläche auf die Theile einer anderen gegebenen Fläche so abzubilden, dass die Abbildung dem Abgebildeten in den kleinsten Theilen ähnlich wird«, vorausgestellte Motto: „Ab his via sternitur ad majora" nicht missverstehen, so waren die Eigenschaften der Zerfällung einer gegebenen binären quadratischen Differentialform in lineare Factoren, d. h. die Eigenschaften der Transformation

$$\lambda(a_{11}dp^2 + 2a_{12}dpdq + a_{22}dq^2) = d\alpha d\beta$$

der Ausgangspunkt für die Entdeckung jener invarianten Beziehung.

In der That leitet man leicht, wie uns lange bekannt, aus der vorstehenden Gleichung, durch die Ausführung einer in der Einleitung angedeuteten Rechnung, eine partielle Differentialgleichung zweiter Ordnung für die Grösse $\log(\lambda)$ her, deren von den Differentialquotienten freies Glied mit der Grösse k identisch ist.

Geht man bei dieser Herleitung von der transformirten Form aus, so bemerkt man zunächst die Übereinstimmung derjenigen Glieder in den zwei für die Grösse log (λ) erhaltenen Differentialgleichungen, welche von den Differentialquotienten frei sind, und schliesst daraus die Gleichheit der Grösse k mit derjenigen k', die aus den Coefficienten der transformirten Form in derselben Weise gebildet ist, wie sie selbst aus den Coefficienten der ursprünglichen. In dieser Gleichheit besteht die in Rede stehende Invarianz.

Betrachtet man eine krumme Fläche als einen biegsamen und unausdehnbaren Körper mit einer verschwindend kleinen Dimension, so hängen die geometrischen Eigenschaften dieser Fläche in der Umgebung jedes ihrer Punkte theils mit ihrer speciellen Gestalt zusammen, theils bleiben sie unverändert, in welche neue, mit der Bedingung der Unausdehnbarkeit ihrer Theile vereinbare Gestalt man sie auch bringe.

Denkt man die Lage eines jeden Punktes P der Fläche bestimmt durch die Werthe zweier unabhängig veränderlicher Parameter p, q in ihm, so sind die Eigenschaften der letzteren Art vollständig bestimmt durch die Kenntniss der Differentialform

$$Edp^2 + 2Fdp\,dq + G\,dq^2,$$

welche die Distanz jedes Punktes $(p\,,\,q)$ von dem unendlich nahe benachbarten $(p + dp\,,\,q + dq)$ angiebt, während die Bestimmung der Eigenschaften der ersteren Art noch die Kenntniss einer zweiten, von der eben angegebenen in Abhängigkeit stehenden Differentialform

$$\mathfrak{E}\,dp^2 + 2\mathfrak{F}dp\,dq + \mathfrak{G}\,dq^2$$

erfordert. Diese zweite Form ist der Werth der von der Wahl des rechtwinkligen Axensystems, auf welches man die Lage der gegebenen Fläche bezogen denken kann, unabhängigen Differentialgrösse

$$dXdx + dYdy + dZdz,$$

in welcher $x\,,\,y\,,\,z$ die Coordinaten des Punktes $(p\,,\,q)$, $X\,,\,Y\,,\,Z$ die Cosinus der Winkel der in diesem Punkte errichteten Normale mit den Coordinatenaxen bezeichnen, während die Differentialzeichen die Unterschiede der betreffenden Grössen im Punkte $(p\,,\,q)$ von denen im Punkte $(p + dp\,,\,q + dq)$ andeuten.

Die algebraischen simultanen Invarianten

$$h = \frac{E\mathfrak{G} - 2F\mathfrak{F} + G\mathfrak{E}}{EG - F^2}$$

$$k = \frac{\mathfrak{E}\mathfrak{G} - \mathfrak{F}^2}{EG - F^2}$$

der zwei angegebenen quadratischen Formen, bestimmen die erstere die Summe der Hauptkrümmungen $r \cdot r'$, die zweite das Product derselben im Punkte (p, q) der betrachteten Fläche. Die Übereinstimmung dieser zweiten mit der Invariante k des Quadrates des Linienelements ist gleichfalls von GAUSS erwiesen worden.

Der grösste Theil der infinitesimal-geometrischen Untersuchungen, welche seit EULER die Geometer beschäftigt haben, hängt zusammen mit der Frage nach denjenigen Oberflächen, für welche eine dieser Invarianten eine Constante, oder eine Function der anderen wird. Andere Untersuchungen beschäftigen sich mit denjenigen Flächen, für welche eine zweite Gattung von simultanen Invarianten der in Rede stehenden Differentialformen gegebene Eigenschaften besitzt. Diese zweite Gattung von simultanen Invarianten, welche, der von GAUSS für eine einzelne Form aufgestellten Invariante entsprechend, nicht die Coefficienten der betrachteten Formen allein, sondern auch die partiellen Derivirten derselben enthalten, scheint bisher nicht ausdrücklich in die Theorie der krummen Oberflächen eingeführt, und für dieselbe verwerthet worden zu sein.

Wir glauben daher, wenngleich wir den mit der Theorie der auf einander abwickelbaren Flächen zusammenhängenden Theil der nachfolgenden Entwickelungen leicht abgesondert und unabhängig von der Betrachtung dieser Invarianten hätten darlegen können, einige auf die simultane Transformation binärer quadratischer Differentialformen bezügliche Ausführungen voranstellen zu sollen, um so mehr, als dieselben die bisher in der Krümmungstheorie der Oberflächen eingeschlagenen Untersuchungswege in ein helleres Licht stellen werden.

Es sei

$$A = a_{11}dp^2 + 2a_{12}dp\,dq + a_{22}dq^2$$

eine quadratische Form der Differentiale dp, dq, deren Coefficienten a_{11}, a_{12}, a_{22} gegebene innerhalb eines bekannten Gebietes der reellen Variablen p, q reellwerthige Functionen dieser Variablen sind. Die Wahl dieser Functionen soll für das Folgende der Beschränkung unterliegen, dass dieselben geeignet seien, die Coefficienten des Quadrates des Linienelements einer krummen Fläche darzustellen, d. h. dass für alle innerhalb des gegebenen Gebietes fallende Werthe der Variablen p, q, die Functionen a_{11}, a_{12}, a_{22} die Ungleichheiten

$$a_{11} > 0 \qquad a_{22} > 0 \qquad a_{11}a_{22} - a_{12}^2 > 0$$

erfüllen.

Es sei ferner

$$C = c_{11}dp^2 + 2c_{12}dp\,dq + c_{22}dq^2$$

eine zweite quadratische Form der Differentiale dp, dq, von welcher die Coefficienten c_{11}, c_{12}, c_{22} ebenfalls reellwerthige Functionen der Variablen p, q sind, deren Wahl einer weiteren Beschränkung nicht unterliegt.

Die zwei absoluten simultanen Invarianten der Formen A und C seien durch H und K bezeichnet, derart dass:

$$H = \frac{a_{11}c_{22} - 2a_{12}c_{12} + a_{22}c_{11}}{a_{11}a_{22} - a_{12}^2}$$

$$K = \frac{c_{11}c_{22} - c_{12}^2}{a_{11}a_{22} - a_{12}^2}.$$

Die gleichzeitige Transformation zweier gegebenen Formen A, C durch Einführung neuer Veränderlicher p', q' anstatt der ursprünglichen p, q, wird stets durch die zweier anderen mit ihnen zusammenhängenden Formen begleitet, welche wir in der Folge durch B und E bezeichnen werden.

Die erste dieser Formen

$$B = b_{11}dp^2 + 2b_{12}dp\,dq + b_{22}dq^2$$

ist gegeben durch die nachstehende Coefficientenbestimmung:

$$b_{11} = Hc_{11} - Ka_{11} \quad b_{12} = Hc_{12} - Ka_{12} \quad b_{22} = Hc_{22} - Ka_{22}$$

und ihre Determinante $b_{11}b_{22} - b_{12}^2$ genügt offenbar der Gleichung

$$b_{11}b_{22} - b_{12}^2 = K^2(a_{11}a_{22} - a_{12}^2),$$

welche Gleichung, in Berücksichtigung der über die Wahl der Coefficienten $a_{i,k}$ getroffenen Übereinkunft, zeigt, dass die Determinante der Form B für das gesammte Werthengebiet der Variablen p, q einen positiven Werth besitzt.

Die andere der begleitenden Formen

$$E = e_{11}dp^2 + 2e_{12}dp\,dq + e_{22}dq^2$$

ist durch die Gleichung

$$E = \frac{1}{\sqrt{a_{11}a_{22} - a_{12}^2}}[(a_{11}dp + a_{12}dq)(c_{12}dp + c_{22}dq) - (a_{12}dp + a_{22}dq)(c_{11}dp + c_{12}dq)],$$

welche mit der folgenden

$$E = \frac{1}{\sqrt{a_{11}a_{22} - a_{12}^2}}[(a_{11}c_{12} - a_{12}c_{11})dp^2 + (a_{11}c_{22} - a_{22}c_{11})dp\,dq + (a_{12}c_{22} - a_{22}c_{12})dq^2)]$$

übereinstimmt, gegeben. Es bestimmen sich sonach die Coefficienten dieser Form E durch die Gleichungen:

$$e_{11} = \frac{a_{11}c_{12} - a_{12}c_{11}}{\sqrt{a_{11}a_{22} - a_{12}^2}}, \quad 2e_{12} = \frac{a_{11}c_{22} - a_{22}c_{11}}{\sqrt{a_{11}a_{22} - a_{12}^2}}, \quad e_{22} = \frac{a_{12}c_{22} - a_{22}c_{12}}{\sqrt{a_{11}a_{22} - a_{12}^2}}.$$

Diese Coefficientenbestimmung hängt mit einem, in der Folge hervortretenden Systeme von Grössen zusammen, welches durch die nachstehenden Gleichungen

$$A_{11} = \frac{a_{22}c_{11} - a_{12}c_{12}}{a_{11}a_{22} - a_{12}^2} \qquad A_{12} = \frac{a_{11}c_{12} - a_{12}c_{11}}{a_{11}a_{22} - a_{12}^2}$$

$$A_{21} = \frac{a_{22}c_{12} - a_{12}c_{22}}{a_{11}a_{22} - a_{12}^2} \qquad A_{22} = \frac{a_{11}c_{22} - a_{12}c_{12}}{a_{11}a_{22} - a_{12}^2}$$

definirt ist, aus welchen man leicht die Beziehungen

$$A_{11} + A_{22} = H$$
$$A_{11}A_{22} - A_{12}A_{21} = K$$

ableitet.

Mit Hülfe dieses Grössensystems nimmt die Form E die Gestalt

$$\text{e.} \qquad E = \sqrt{a_{11}a_{12} - a_{12}^2}\,[A_{12}dp^2 + (A_{22} - A_{11})\,dp\,dq - A_{21}dq^2]$$

an, und ihre Coefficienten erscheinen, wenn man von jetzt an die Determinante $a_{11}a_{22} - a_{12}^2$ einer Form A durch a bezeichnet, in den Formen:

$$e_{11} = A_{12}\sqrt{a}\ ,\quad 2e_{12} = (A_{22} - A_{11})\sqrt{a}\ ,\quad e_{22} = -A_{21}\sqrt{a}.$$

Die mit der Transformation der Form C gleichzeitig geschehende Transformation der angegebenen Form B führt auf ein dem Grössensystem $A_{i,k}$ entsprechendes System von Grössen $B_{i,k}$, welches aus dem ersteren dadurch abgeleitet wird, dass man in den Grössen $A_{i,k}$ die Coefficienten $a_{i,k}$ mit den entsprechenden $b_{i,k}$ vertauscht. Man bemerkt ohne Mühe für dieses System die Relationen:

$$B_{11} = \frac{1}{K}A_{22} \qquad B_{12} = -\frac{1}{K}A_{12}$$

$$B_{21} = -\frac{1}{K}A_{21} \qquad B_{22} = \frac{1}{K}A_{11}$$

und hiernach die weitere Darstellung der Form E in der Gestalt:

$$\text{e}'. \qquad E = K\sqrt{a}\,[-B_{12}dp^2 + (B_{11} - B_{22})\,dp\,dq + B_{21}dq^2].$$

Was die Determinante $e = e_{11}e_{22} - e_{12}^2$ der Form E anbetrifft, welche sich, vermöge der Darstellung der Coefficienten dieser Form durch die Grössen $A_{i,k}$, in die Gestalt

$$e = -\tfrac{1}{4}[4A_{12}A_{21} + (A_{22} - A_{11})^2]\,a = \tfrac{1}{4}[H^2 - 4K]\,a$$

setzen lässt, so erkennt man, dass diese Determinante in dem ganzen Grössengebiet der p, q stets von negativem Werthe ist. Denn der erstere der vorstehenden Werthe von e stimmt überein mit dem folgenden:

$$e = -\frac{1}{4}\left[\left(A_{22} - A_{11} - 2\frac{a_{12}}{a_{11}}A_{12}\right)^2 + 4\frac{A_{12}^2}{a_{11}^2}a\right]a,$$

aus welcher Darstellung, in Rücksicht auf den stets positiven Werth der Determinante a, die Richtigkeit der aufgestellten Behauptung erhellt.

Diese Form E ist daher, unter den dargelegten Voraussetzungen stets in zwei reelle, in Beziehung auf die Differentiale dp, dq lineare und homogene Factoren $\alpha dp + \alpha' dq$, $\beta dp + \beta' dq$ zerfällbar.

Es sei daher

$$E = (\alpha dp + \alpha' dq)(\beta dp + \beta' dq)$$

in welcher Gleichung die Functionen $\alpha, \alpha', \beta, \beta'$ der Variablen p, q reellwerthig sind.

Bezeichnen λ und μ die stets existirenden integrirenden Factoren des ersten und des zweiten der linearen Factoren von E, so bestehen die Gleichungen

$$du = \lambda(\alpha dp + \alpha' dq)$$
$$dv = \mu(\beta dp + \beta' dq)$$

in denen die Grössen u und v reellwerthige Functionen der Variablen p, q bezeichnen, und es kann die Form E in die Gestalt

$$E = \frac{1}{\lambda\mu}du\,dv$$

gesetzt werden.

Führt man jetzt an anstatt der ursprünglichen Variabeln p, q die Functionen u und v als neue Variable in die vier Formen A, B, C, E ein[1] und bezeichnet durch Hinzufügung eines Sterns an die Coefficienten der ursprünglichen Formen die Coefficienten der transformirten, so erhält man die Gleichungen

$$A = a^*_{11}du^2 + 2a^*_{12}du\,dv + a^*_{22}dv^2$$
$$B = b^*_{11}du^2 + 2b^*_{12}du\,dv + b^*_{22}dv^2$$
$$C = c^*_{11}du^2 + 2c^*_{12}du\,dv + c^*_{22}dv^2$$

$$E = \frac{1}{\sqrt{a^*}}[(a^*_{11}c^*_{12} - a^*_{12}c^*_{11})du^2 + (a^*_{11}c^*_{22} - a^*_{22}c^*_{11})du\,dv + (a^*_{12}c^*_{22} - a^*_{22}c^*_{12})dv^2]$$

deren letzte, mit der soeben für die Form E gegebenen Darstellung übereinstimmen muss.

Es sind daher die Beziehungen

[1] Nur in dem Falle des identischen Verschwindens der Determinante e der Form E würden die Functionen u und v nicht von einander unabhängig sein. Dieser Fall, der durch die Invariantenrelation

$$H^2 = 4K$$

gekennzeichnet ist, soll für die Folge als ausgeschlossen betrachtet werden.

$$\overset{*}{a}_{11}\overset{*}{c}_{12} - \overset{*}{a}_{12}\overset{*}{c}_{11} = 0$$
$$\overset{*}{a}_{22}\overset{*}{c}_{12} - \overset{*}{a}_{12}\overset{*}{c}_{22} = 0$$
$$\overset{*}{a}_{11}\overset{*}{c}_{22} - \overset{*}{a}_{22}\overset{*}{c}_{11} = \frac{\sqrt{\overset{*}{a}}}{\lambda\mu}$$

nothwendig. Aus den zwei ersten derselben folgt in Rücksicht auf die dritte, dass:

$$\overset{*}{a}_{12} = 0 \qquad \overset{*}{c}_{12} = 0.$$

Durch Einführung der Variablen u, v gewinnen daher die Formen A und C die Gestalt

$$A = \overset{*}{a}_{11}du^2 + \overset{*}{a}_{22}dv^2$$
$$C = \overset{*}{c}_{11}du^2 + \overset{*}{c}_{22}dv^2.$$

Bildet man aus diesen transformirten Formen die beiden simultanen Invarianten H und K, so ergeben sich dieselben durch die Gleichungen

$$H = \frac{\overset{*}{c}_{11}}{\overset{*}{a}_{11}} + \frac{\overset{*}{c}_{22}}{\overset{*}{a}_{22}}$$
$$K = \frac{\overset{*}{c}_{11}}{\overset{*}{a}_{11}} \cdot \frac{\overset{*}{c}_{22}}{\overset{*}{a}_{22}}.$$

Nach Einführung der Bezeichnungen

$$\frac{\overset{*}{c}_{11}}{\overset{*}{a}_{11}} = w \qquad \frac{\overset{*}{c}_{22}}{\overset{*}{a}_{22}} = w'$$

stellen sich diese Invarianten in den Formen

$$H = w + w'$$
$$K = ww'$$

dar, und die Grössen w und w' erweisen sich als die zwei stets reellen Wurzeln der quadratischen Gleichung

$$w^2 - Hw + K = 0,$$

einer Gleichung, die sich, in welcher Specialform die quadratischen Formen A, C auch gegeben seien, aus den bekannten simultanen Invarianten dieser Formen ohne Weiteres bilden lässt.

Die vier gemeinschaftlich betrachteten Formen A, B, C, E gehen nunmehr, wenn man statt der ursprünglichen Variablen p, q die definirten Variablen u, v anführt, und anstatt der Invarianten H, K die irrationalen Invarianten w, w' in die Rechnung aufnimmt, in transformirte Formen über, welche durch nachstehendes Gleichungssystem gegeben sind:

$$\text{I.} \quad \begin{aligned} a_{11}dp^2 + 2a_{12}dpdq + a_{22}dq^2 &= \overset{*}{a}_{11}du^2 + \overset{*}{a}_{22}dv^2 \\ c_{11}dp^2 + 2c_{12}dpdq + c_{22}dq^2 &= w\overset{*}{a}_{11}du^2 + w'\overset{*}{a}_{22}dv^2 \\ b_{11}dp^2 + 2b_{12}dpdq + b_{22}dq^2 &= w^2\overset{*}{a}_{11}du^2 + w'^2\overset{*}{a}_{22}dv^2 \\ e_{11}dp^2 + 2e_{12}dpdq + e_{22}dq^2 &= \sqrt{\overset{*}{a}_{11}\overset{*}{a}_{22}}(w' - w)\,du\,dv. \end{aligned}$$

Bezeichnen $\delta p, \delta q, \delta u, \delta v$ Variationen der Variablen p, q, u, v, d. h. Grössen zwischen denen die gleichen linearen Relationen stattfinden, welche zwischen den Differentialen dp, dq, du, dv statthaben, nämlich die folgenden:

$$\delta p = \frac{\partial p}{\partial u}\delta u + \frac{\partial p}{\partial v}\delta v \;,\; \delta q = \frac{\partial q}{\partial u}\delta u + \frac{\partial q}{\partial v}\delta v\,,$$

so besteht mit der Reihe 1. der Transformationen der Formen A, B, C, E bekanntlich gleichzeitig die zweite Reihe:

$$2.\quad \begin{aligned} a_{11}\delta p dp + a_{12}(\delta q dp + \delta p dq) + a_{22}\delta q dq &= \, a^*_{11}\delta u du + \, a^*_{22}\delta v dv \\ c_{11}\delta p dp + c_{12}(\delta q dp + \delta p dq) + c_{22}\delta q dq &= w\, a^*_{11}\delta u du + w'\, a^*_{22}\delta v dv \\ b_{11}\delta p dp + b_{12}(\delta q dp + \delta p dq) + b_{22}\delta q dq &= w^2 a^*_{11}\delta u du + w'^2 a^*_{22}\delta v dv \\ e_{11}\delta p dp + e_{12}(\delta q dp + \delta p dq) + e_{22}\delta q dq &= \tfrac{1}{2}\sqrt{a^*_{11}a^*_{22}}\,(w' - w)(\delta v du + \delta u dv). \end{aligned}$$

Eine Gruppe von Variationen $\delta p, \delta q, \delta u, \delta v$ wird offenbar gegeben durch die Bestimmungen:

$$\delta.\quad \begin{aligned} \delta p &= -\frac{1}{\sqrt{a}}\frac{\partial \phi}{\partial q} & \delta q &= \frac{1}{\sqrt{a}}\frac{\partial \phi}{\partial p} \\ \delta u &= -\frac{1}{\sqrt{a^*}}\frac{\partial \phi}{\partial v} & \delta v &= \frac{1}{\sqrt{a^*}}\frac{\partial \phi}{\partial u}\,, \end{aligned}$$

in denen ϕ eine beliebige Function der Variablen p, q bezeichnet. Es geht dies unmittelbar aus den Gleichungen hervor, welche die Differentialquotienten einer Function ϕ nach den neuen Variablen u, v durch die Differentialquotienten nach den ursprünglichen Variablen ausdrücken, unter Berücksichtigung der Gleichung:

$$a = a^*\left(\frac{\partial u}{\partial p}\frac{\partial v}{\partial q} - \frac{\partial u}{\partial q}\frac{\partial v}{\partial p}\right)^2.$$

Aus der obigen Gruppe von Variationen folgt sofort eine zweite. Ist

$$Pdp + Qdq = Udu + Vdv$$

eine bestehende Transformationsrelation, so ist auch durch die Gleichungen

$$\begin{aligned} \delta p &= -\frac{1}{\sqrt{a}}\,Q & \delta q &= \frac{1}{\sqrt{a}}\,P \\ \delta u &= -\frac{1}{\sqrt{a^*}}\,V & \delta v &= \frac{1}{\sqrt{a^*}}\,U \end{aligned}$$

ein System von Grössen gegeben, welches die Eigenschaft eines Systems von Variationen besitzt.

Wir werden von der Einführung des Systems der Variationen δ. Gebrauch machen, zur Aufstellung einer Gleichung, welche der letzten

der Gleichungen 2. entspricht, in der wir die Coefficienten e_{ik} durch die Gleichung e'. bestimmt denken.

Unter Berücksichtigung der Beziehung

$$K(B_{11} + B_{22}) = H$$

und mit Hilfe der Bezeichnungen ϕ_1, ϕ_2 für die Partialableitungen von ϕ, geht durch Einführung der Variationen δ. die letzte der Gleichungen 2. in die nachstehende Gleichung über

$$K[(B_{11}\phi_1 + B_{12}\phi_2)dp + (B_{21}\phi_1 + B_{22}\phi_2)dq] - \tfrac{1}{2}Hd\phi = \tfrac{1}{2}(w'-w)[\phi_1 du - \phi_2 dv],$$

und nach Vermehrung jeder der beiden gleichen durch sie gegebenen Grössen um $\frac{1}{2}Hd\phi$ und geschehener Division durch $K = ww'$, erscheint die in der Folge hervortretende, für jede Function ϕ giltige, Transformationsrelation:

$$3.\quad \left(B_{11}\frac{\partial\phi}{\partial p} + B_{12}\frac{\partial\phi}{\partial q}\right)dp + \left(B_{21}\frac{\partial\phi}{\partial p} + B_{22}\frac{\partial\phi}{\partial q}\right)dq = \frac{1}{w}\frac{\partial\phi}{\partial u}du + \frac{1}{w'}\frac{\partial\phi}{\partial v}dv.$$

Von der in gleicher Weise mit Hilfe der Gleichung e. zu entwickelnden Transformation

$$3^*.\quad \left(A_{11}\frac{\partial\phi}{\partial p} + A_{12}\frac{\partial\phi}{\partial q}\right)dp + \left(A_{21}\frac{\partial\phi}{\partial p} + A_{22}\frac{\partial\phi}{\partial q}\right)dq = w\frac{\partial\phi}{\partial u}du + w'\frac{\partial\phi}{\partial v}dv$$

wird weiterhin ebenfalls Gebrauch gemacht werden.

Es bedarf kaum der Erwähnung, dass jede der bisher aufgestellten Transformationsrelationen, so wie jede andere noch zu entwickelnde, durch Einführung des Systems δ. von Variationen, oder des zweiten angedeuteten Systems, anstatt der Differentiale dp, dq, du, dv in eine neue, gleichfalls für jede Function ϕ giltige Transformationsbeziehung verwandelt wird. Diese Verwandelungen leisten bei der Transformation partieller Differentialgleichungen, welche den vorliegenden Untersuchungen nahe stehen, oft willkommene Dienste.

II.

Zur Darstellung solcher simultanen Invarianten der Formen A, C, so wie der sie begleitenden Formen, die, analog der von Gauss für eine einzelne Form gegebenen Invariante k, aus den Coefficienten a_{ik}, c_{ik} und den partiellen Derivirten derselben zusammengesetzt sind, bietet sich zunächst das Gauss'sche Krümmungsmaass der Formenschaar $A + \lambda C$, d. h. das der Form

$$(a_{11} + \lambda c_{11})dp^2 + 2(a_{12} + \lambda c_{12})dp\,dq + (a_{22} + \lambda c_{22})dq^2$$

dar, in der unter λ eine willkürliche Constante verstanden wird.

Die in der Entwickelung dieses Krümmungsmaasses nach Potenzen der Constante λ auftretenden Coefficienten dieser Potenzen, würden jeder für sich eine simultane Invariante der Formen A und C darstellen.

Allein die auf diesem Wege sich ergebenden Invarianten würden die Differentialquotienten der Coefficienten $a_{i,k}$ $c_{i,k}$ bis einschliesslich der zweiten Ordnung in sich aufnehmen, während anderweitige Betrachtungen das Auftreten simultaner Invarianten erkennen lassen, welche nur die Differentialquotienten der ersten Ordnung dieser Coefficienten mit sich führen.

Bei der simultanen Transformation zweier Formen A, C treten diejenigen Verbindungen der Coefficienten und ihrer Differentialquotienten, welche schon bei der Transformation einer einzelnen dieser Formen, z. B. der Form A zur hervortretenden Geltung gelangen, wiederum als selbstständige Verbindungen auf. Diese Verbindungen sind die schon in der Einleitung erschienenen, dort durch M, M', M'', N, N', N'' bezeichneten Grössen.

Nachdem wir die in der Einleitung angewandten Gauss'schen Bezeichnungen E, F, G der Coefficienten der binären Differentialformen zweiten Grades verlassen und die für das Folgende angemessenere Bezeichnung a_{11}, a_{12}, a_{22} angenommen haben, sind die gleichfalls von Gauss eingeführten Grössen m, m', m'', n, n', n'' durch die folgenden Gleichungen gegeben:

$$m = \frac{1}{2}\frac{\partial a_{11}}{\partial p}, \qquad m' = \frac{1}{2}\frac{\partial a_{11}}{\partial q}, \quad m'' = \frac{\partial a_{12}}{\partial q} - \frac{1}{2}\frac{\partial a_{22}}{\partial p}$$

$$n = \frac{\partial a_{12}}{\partial p} - \frac{1}{2}\frac{\partial a_{11}}{\partial q}, \quad n' = \frac{1}{2}\frac{\partial a_{22}}{\partial p}, \quad n'' = \frac{1}{2}\frac{\partial a_{22}}{\partial q}.$$

Für die früher durch M, M', M'', N, N', N'' bezeichneten Grössen selbst werden wir eine von Christoffel herrührende Bezeichnung wählen, und in der Folge setzen:

$$\frac{m a_{22} - n a_{12}}{a_{11}a_{22} - a_{12}^2} = \left\{ {11 \atop 1} \right\}_a \qquad \frac{n a_{11} - m a_{12}}{a_{11}a_{22} - a_{12}^2} = \left\{ {11 \atop 2} \right\}_a$$

$$\frac{m' a_{22} - n' a_{12}}{a_{11}a_{22} - a_{12}^2} = \left\{ {12 \atop 1} \right\}_a \qquad \frac{n' a_{11} - m' a_{12}}{a_{11}a_{22} - a_{12}^2} = \left\{ {12 \atop 2} \right\}_a$$

$$\frac{m'' a_{22} - n'' a_{12}}{a_{11}a_{22} - a_{12}^2} = \left\{ {22 \atop 1} \right\}_a \qquad \frac{n'' a_{11} - m'' a_{12}}{a_{11}a_{22} - a_{12}^2} = \left\{ {22 \atop 2} \right\}_a.$$

Der der Christoffel'schen Bezeichnung hinzugefügte Index a deutet diejenige quadratische Form A an, welcher das charakteristische Grössensystem $\left\{ {ik \atop h} \right\}_a$ zu entnehmen ist, und wird bei der Entnahme dieses Systems aus einer anderen Form G durch den entsprechenden Index g ersetzt werden.

Die in Rede stehenden simultanen Invarianten der Formen A und C, welche nur die Differentialquotienten erster Ordnung der Coefficienten dieser Formen mit sich führen, ergeben sich aus der Betrachtung zweier Verbindungen $c_a(p), c_a(q)$ dieser Coefficienten und ihrer Derivirten, welche in Beziehung auf die Grössen $\begin{Bmatrix}ih\\k\end{Bmatrix}_a$ der ersten Form und in Beziehung auf die Coefficienten $c_{i,k}$ der anderen Form und deren Derivirten linear sind.

Diese Verbindungen sind durch die nachstehenden Gleichungen definirt:

$$4.\quad \begin{aligned} c_a(p) &= \frac{1}{\sqrt{a}}\left[\frac{\partial \frac{c_{22}}{\sqrt{a}}}{\partial p} - \frac{\partial \frac{c_{12}}{\sqrt{a}}}{\partial q} + \frac{c_{11}}{\sqrt{a}}\begin{Bmatrix}22\\1\end{Bmatrix}_a - 2\frac{c_{12}}{\sqrt{a}}\begin{Bmatrix}12\\1\end{Bmatrix}_a + \frac{c_{22}}{\sqrt{a}}\begin{Bmatrix}11\\1\end{Bmatrix}_a\right] \\ c_a(q) &= \frac{1}{\sqrt{a}}\left[\frac{\partial \frac{c_{11}}{\sqrt{a}}}{\partial q} - \frac{\partial \frac{c_{12}}{\sqrt{a}}}{\partial p} + \frac{c_{11}}{\sqrt{a}}\begin{Bmatrix}22\\2\end{Bmatrix}_a - 2\frac{c_{12}}{\sqrt{a}}\begin{Bmatrix}12\\2\end{Bmatrix}_a + \frac{c_{22}}{\sqrt{a}}\begin{Bmatrix}11\\2\end{Bmatrix}_a\right], \end{aligned}$$

welche sich auch in der folgenden Gestalt darstellen lassen:

$$4'.\quad \begin{aligned} c_a(p) &= \frac{1}{a}\left[\frac{\partial c_{22}}{\partial p} - \frac{\partial c_{12}}{\partial q} + c_{11}\begin{Bmatrix}22\\1\end{Bmatrix}_a + c_{12}\left(\begin{Bmatrix}22\\2\end{Bmatrix}_a - \begin{Bmatrix}21\\1\end{Bmatrix}_a\right) - c_{22}\begin{Bmatrix}12\\2\end{Bmatrix}_a\right] \\ c_a(q) &= \frac{1}{a}\left[\frac{\partial c_{11}}{\partial q} - \frac{\partial c_{12}}{\partial p} - c_{11}\begin{Bmatrix}12\\1\end{Bmatrix}_a + c_{12}\left(\begin{Bmatrix}11\\1\end{Bmatrix}_a - \begin{Bmatrix}12\\2\end{Bmatrix}_a\right) + c_{22}\begin{Bmatrix}11\\2\end{Bmatrix}_a\right]. \end{aligned}$$

Die Verbindungen $c_a(p)$, $c_a(q)$[1] selbst haben nicht den Charakter der Invarianten; es bestehen aber zwischen ihnen und den entsprechenden aus den transformirten Formen der A, C entnommenen Verbindungen:

$$\begin{aligned} c_a(p') &= \frac{1}{\sqrt{a'}}\left[\frac{\partial \frac{c'_{22}}{\sqrt{a'}}}{\partial p'} - \frac{\partial \frac{c'_{12}}{\sqrt{a'}}}{\partial q'} + \frac{c'_{11}}{\sqrt{a'}}\begin{Bmatrix}22\\1\end{Bmatrix}_{a'} - 2\frac{c'_{12}}{\sqrt{a'}}\begin{Bmatrix}12\\1\end{Bmatrix}_{a'} + \frac{c'_{22}}{\sqrt{a'}}\begin{Bmatrix}11\\1\end{Bmatrix}_{a'}\right] \\ c_a(q') &= \frac{1}{\sqrt{a'}}\left[\frac{\partial \frac{c'_{11}}{\sqrt{a'}}}{\partial q'} - \frac{\partial \frac{c'_{12}}{\sqrt{a'}}}{\partial p'} + \frac{c'_{11}}{\sqrt{a'}}\begin{Bmatrix}22\\2\end{Bmatrix}_{a'} - 2\frac{c'_{12}}{\sqrt{a'}}\begin{Bmatrix}12\\2\end{Bmatrix}_{a'} + \frac{c'_{22}}{\sqrt{a'}}\begin{Bmatrix}11\\2\end{Bmatrix}_{a'}\right] \end{aligned}$$

die Gleichungen:

$$6.\quad \begin{aligned} c_a(p') &= \frac{\partial p'}{\partial p}c_a(p) + \frac{\partial p'}{\partial q}c_a(q) \\ c_a(q') &= \frac{\partial q'}{\partial p}c_a(p) + \frac{\partial q'}{\partial q}c_a(q). \end{aligned}$$

Man beweist dieselben auf einem Wege, den wir der Kürze wegen nur glauben andeuten zu sollen. Eine jede Identität

[1] Man bemerkt sofort die Gültigkeit der Gleichungen

$$a_a(p) = 0 \qquad a_a(q) = 0.$$

$$Pdp + Qdp = P'dp' + Q'dp'$$

zweier in einander transformirbaren linearen Differentialausdrücke, führt bekanntlich unter der Voraussetzung der zweiten Identität

$$a_{11}dp^2 + a_{12}dpdq + a_{22}dq^2 = a'_{11}dp'^2 + 2a'_{12}dp'dq' + a'_{22}dq'^2$$

auf die Gleichung:

$$\varepsilon. \qquad \frac{1}{\sqrt{a}}\left(\frac{\partial P}{\partial q} - \frac{\partial Q}{\partial p}\right) = \frac{1}{\sqrt{a'}}\left(\frac{\partial P'}{\partial q'} - \frac{\partial Q'}{\partial p'}\right).$$

Wendet man diese Bemerkung zweifach auf die Identität:

$$\frac{1}{\sqrt{a}}\left[\left(c_{11}\frac{\partial\phi}{\partial q} - c_{12}\frac{\partial\phi}{\partial p}\right)dp - \left(c_{22}\frac{\partial\phi}{\partial p} - c_{12}\frac{\partial\phi}{\partial q}\right)dq\right] = \frac{1}{\sqrt{a'}}\left[\left(c'_{11}\frac{\partial\phi}{\partial q'} - c'_{12}\frac{\partial\phi}{\partial p'}\right)dp' - \left(c'_{22}\frac{\partial\phi}{dp'} - c'_{12}\frac{\partial\phi}{\partial q'}\right)\partial q'\right]$$

an, indem man zuerst unter der Function ϕ die Function p' der Variablen p, q versteht, und alsdann die Function q', so erhält man zwei der Gleichung ε entsprechende Gleichungen. Aus ihnen kann man die zweiten Differentialquotienten der Functionen p', q' mit Hilfe der von CHRISTOFFEL in seiner Abhandlung »Über die Transformation der homogenen Differentialausdrücke zweiten Grades« (CRELLE, BORCHARDT's Journal Bd. 70) gegebenen Gleichungen (9.) eliminiren, und erhält so die Gleichungen 6.

Aus diesen Gleichungen 6. folgt, dass das System der Grössen $c_a(p), c_a(q), c_a(p'), c_a(q')$ die Eigenschaften eines Systems von Variationen $\delta p, \delta q, \delta p', \delta q'$, beziehungsweise eines Systems von Differentialen besitzt, und daher geeignet ist, jede für die letzteren Systeme bestehende Transformationsrelation in eine neue zu verwandeln, welche eine identische Beziehung zwischen Ausdrücken darstellt, welche in gleicher Weise einerseits aus den Coefficienten a_{ik}, c_{ik}, andererseits aus den Coefficienten a'_{ik}, c'_{ik} und den entsprechenden Derivirten derselben zusammengesetzt sind.

Man kann daher, durch Benutzung dieser Eigenschaft eine Fülle von simultanen Invarianten zweier gleichzeitig zu transformirenden Formen A und C ableiten, unter denen man Formen erkennt, die bei Untersuchungen der Infinitesimalgeometrie eine hervorragende Rolle spielen.

Ersetzt man z. B. in der, für jede Form G geltenden, Transformationsrelation:

$$g_{11}\delta p\, dp + g_{12}(\delta q\, dp + \delta p\, dq) + g_{22}\delta q\, dq = g'_{11}\delta p' dp' + g'_{12}(\delta q' dp' + \delta p' dq') + g'_{22}\delta q' dq'$$

die Variationen durch die Grössen $h_a(p), h_a(q), h_a(p'), h_a(q')$, welche einer zweiten Form H in Verbindung mit der Form A entnommen werden, so wird man auf die Gleichung:

$$7.\ [g_{11}h_a(p) + g_{12}h_a(q)]dp + [g_{12}h_a(p) + g_{22}h_a(q)]dq = [g'_{11}h_a(p') + g'_{12}h_a(q')]dp' + [g'_{12}h_a(p') + g'_{22}h_a(q')]dq'$$

geführt, die zu einer Anwendung auf eine Frage Veranlassung giebt,

deren Analogon in der Theorie der krummen Flächen der Frage entspricht: Unter welcher Bedingung sind für eine Fläche die Krümmungslinien geeignet, diese Fläche in unendlich kleine Quadrate zu theilen?

Wir wollen angeben, unter welchen Bedingungen eine Form C

$$c_{11}dp^2 + 2c_{12}dp\,dq + c_{22}dq^2$$

geeignet ist, die gegebene Form A:

$$a_{11}dp^2 + 2a_{12}dp\,dq + a_{22}dq^2$$

durch Einführung der im ersten Abschnitt definirten Variabeln u, v in die Gestalt

$$f(u, v)\,[du^2 + dv^2]$$

zu transformiren.

Wählt man in der Gleichung 7. für die Form G die an demselben Orte definirte Form E und für die Form H ebenfalls diese Form, und anstatt der beliebigen Variablen p', q' die Variablen u, v, so verwandelt sich dieselbe in

$$8.\quad [e_{11}e_a(p) + e_{12}e_a(q)]\,dp + [e_{12}e_a(p) + e_{12}e_a(q)] = e^*_{12}(e_a(v)\,du + e_a(u)\,dv)$$

in welcher die Coefficienten der durch Einführung der Variablen u, v transformirten Form E wie bisher durch Hinzufügung eines Sterns bezeichnet sind, nachdem man berücksichtigt hat, dass $e^*_{11} = 0$, $e^*_{22} = 0$.

Nun ist in Folge der Definitionen 4.

$$e_a(u) = -\frac{1}{\sqrt{a^*}}\left[\frac{\partial \frac{e^*_{12}}{\sqrt{a^*}}}{\partial v} + 2\frac{e^*_{12}}{\sqrt{a^*}}\left\{ {12 \atop 1} \right\}_{a^*}\right]$$

$$e_a(v) = -\frac{1}{\sqrt{a^*}}\left[\frac{\partial \frac{e^*_{12}}{\sqrt{a^*}}}{\partial u} + 2\frac{e^*_{12}}{\sqrt{a^*}}\left\{ {12 \atop 2} \right\}_{a^*}\right]$$

und in Folge der Bedeutung der Bezeichnungen $\left\{ {ik \atop h} \right\}_{a^*}$:

$$\left\{ {12 \atop 1} \right\}_{a^*} = \frac{1}{2}\frac{1}{a^*_{11}}\frac{\partial a^*_{11}}{\partial v} \qquad \left\{ {12 \atop 2} \right\}_{a^*} = \frac{1}{2}\frac{1}{a^*_{22}}\frac{\partial a^*_{22}}{\partial u}$$

ferner

$$e^*_{12} = \tfrac{1}{2}\sqrt{a^*}\,(w' - w),$$

also auch:

$$e_a(u) = \frac{1}{2}\frac{w - w'}{\sqrt{a^*}}\;\frac{\partial \log (w - w')a^*_{11}}{\partial v}$$

$$e_a(v) = \frac{1}{2}\frac{w - w'}{\sqrt{a^*}}\;\frac{\partial \log (w - w')a^*_{22}}{\partial u}.$$

Unter Benutzung dieser Gleichungen verwandelt sich die Gleichung 8. in die nachstehende

$$[e_{11}e_a(p)+e_{12}e_a(q)]dp+[e_{12}e_a(p)+e_{22}e_a(q)]dq=-\tfrac{1}{4}(w-w')^2\left[\frac{\partial\log(w-w')a^*_{22}}{\partial u}du+\frac{\partial\log(w-w')a^*_{11}}{\partial v}dv\right].$$

Soll nun die Form C die Eigenschaft besitzen, bei Einführung der Variablen u, v die Coefficienten a^*_{11}, a^*_{22} der transformirten Form A gleichwerthig und der Grösse λ gleich zu erzeugen, so muss offenbar der Differentialausdruck:

$$\{[e_{11}e_a(p)+e_{12}e_a(q)]dp+[e_{12}e_a(p)+e_{22}e_a(q)]dq\}\,(w-w')^{-2}=\Omega$$

in das Totaldifferential

$$-\tfrac{1}{4}d\left[\log((w-w')\lambda)\right]$$

übergehen. Ist umgekehrt der Differentialausdruck Ω das Totaldifferential einer Function der Variablen p, q, so genügt, wie leicht zu bemerken, die Einführung der neuen Variablen $u'=f(u)$, $v'=\phi(v)$ um die Form A in die Gestalt

$$\lambda\,(du'^2+dv'^2)$$

zu transformiren.

Die Bedingung für den Umstand, dass eine Form C geeignet sei, die Form

$$A=a_{11}dp^2+2a_{12}dp\,dq+a_{22}dq^2$$

durch Einführung der Variablen u, v in die Gestalt

$$A=\lambda\,(du^2+dv^2)$$

zu setzen, ist daher durch die partielle Differentialgleichung

$$\frac{\partial}{\partial p}\left[\frac{e_{12}e_a(p)+e_{22}e_a(q)}{H^2-4K}\right]=\frac{\partial}{\partial q}\left[\frac{e_{11}e_a(p)+e_{12}e_a(q)}{H^2-4K}\right]$$

ausgedrückt.

Diese Gleichung, welche mannichfache Umformungen und Vereinfachungen gestattet, ist die Quelle der in den Sitzungsberichten der Königlich Preussischen Akademie der Wissenschaften zu Berlin vom 8. November 1883 gegebenen Mittheilung: Über die Differentialgleichung der Oberflächen, welche durch ihre Krümmungslinien in unendlich kleine Quadrate getheilt werden können. Insofern die drei Coefficienten c_{11}, c_{12}, c_{22} der Form C nur durch die eine vorstehende Gleichung mit einander verbunden zu sein brauchen, damit diese Form fähig sei die verlangte Umformung der gegebenen Form A zu bewirken, bleibt es gestattet, diese Coefficienten noch zweien willkürlichen anderen Bedingungen zu unterwerfen.

Es bietet sich die Bemerkung dar, dass, wenn es gelungen ist, die drei Coefficienten c_{ik} dieser einen aufgestellten Bedingungsgleichung gemäss zu bestimmen, die Variablen u, v selbst durch Quadraturen erlangt werden. In der That erlaubt die, der Bedingungsgleichung aequivalente, Gleichung

$$\frac{e_{11}e_a(p) + e_{12}e_a(q)}{H^2 - 4K}\,dp + \frac{e_{12}e_a(p) + e_{22}e_a(q)}{H^2 - 4K}\,dq = -\tfrac{1}{4}\,d\log[(w-w')\lambda]$$

die Quantität $\lambda(w - w')$ durch eine Quadratur zu bestimmen.

Die Kenntniss dieser Quantität reicht aus, das Product $du\,dv$ durch eine gegebene quadratische Form vermöge der Gleichung

$$\frac{1}{(w-w')\lambda}[e_{11}dp^2 + 2e_{12}dp\,dq + e_{22}dq^2] = du\,dv$$

darzustellen. Aus dieser Gleichung ergeben sich u und v selbst durch das in der Einleitung angedeutete Verfahren vermittelst Quadraturen. Bei Ausführung des betreffenden Verfahrens zeigt sich, dass für diese erforderten Quadraturen nicht der Werth der Grösse $\lambda(w - w')$ selbst, sondern nur die Differentialquotienten des natürlichen Logarithmus derselben erforderlich werden, welche direct durch die Bedingungsgleichung gegeben sind, derart dass die zuerst erforderte Quadratur übergangen werden kann, und es ergeben sich für die Variablen u, v, nach einigen auf der Hand liegenden Nebenumformungen, elegante und einfache Ausdrücke. Diese letztere Bemerkung gilt selbstverständlich auch für die Ermittelung der Krümmungslinien in dem entsprechenden geometrischen Problem.

Die eben in ihren Grundzügen dargelegte Methode, eine gegebene quadratische Form

$$a_{11}dp^2 + 2a_{12}dp\,dq + a_{22}dq^2$$

durch Hinzuziehung einer zweiten, drei willkürliche Coefficienten enthaltenden, in die Form

$$\lambda(du^2 + dv^2)$$

zu verwandeln, halten wir einiger Aufmerksamkeit nicht für unwerth.

III.

Wir wollen nunmehr die mit der gegebenen Form $a_{11}dp^2 + 2a_{12}dp\,dq + a_{22}dq^2$ gleichzeitig zu transformirende $c_{11}dp^2 + 2c_{12}dp\,dq + c_{22}dq^2$ der Art wählen, dass die drei Coefficienten derselben den zwei Bedingungsgleichungen

10. $$c_a(p) = 0 \quad , \quad c_a(q) = 0$$

unterworfen seien.

Wenn diese zwei Bedingungen für irgend zwei ursprüngliche Variable p, q erfüllt sind, so sind in Folge der Gleichungen 6. auch für beliebige neu eingeführte Variable p', q' die entsprechenden Bedingungen:

$$10^*. \qquad c_a(p') = 0 \quad , \quad c_a(q') = 0$$

gleichfalls erfüllt, und umgekehrt.

Führt man als die neuen Variablen die Functionen u, v ein, welche die Eigenschaft besassen, dass die, die Formen A und C begleitende Form E in das Product ihrer Differentiale multiplicirt mit einer Function der u, v überging, so ergeben sich zunächst aus den Gleichungen 4'. die folgenden:

$$c_a(u) = \frac{1}{a^*}\left[\frac{\partial w' a^*_{22}}{\partial u} + w a^*_{11} \left\{\begin{smallmatrix}22\\1\end{smallmatrix}\right\}_{a^*} - w' a^*_{22} \left\{\begin{smallmatrix}12\\2\end{smallmatrix}\right\}_{a^*}\right]$$

$$c_a(v) = \frac{1}{a^*}\left[\frac{\partial w' a^*_{11}}{\partial v} - w a^*_{11} \left\{\begin{smallmatrix}12\\1\end{smallmatrix}\right\}_{a^*} + w' a^*_{22} \left\{\begin{smallmatrix}11\\2\end{smallmatrix}\right\}_{a^*}\right]$$

und in Folge der Gleichungen

$$\left\{\begin{smallmatrix}22\\1\end{smallmatrix}\right\}_{a^*} = -\frac{1}{2}\frac{1}{a^*_{11}}\frac{\partial a^*_{22}}{\partial u} \qquad \left\{\begin{smallmatrix}12\\2\end{smallmatrix}\right\}_{a^*} = \frac{1}{2}\frac{1}{a^*_{22}}\frac{\partial a^*_{22}}{\partial u}$$

$$\left\{\begin{smallmatrix}12\\1\end{smallmatrix}\right\}_{a^*} = \frac{1}{2}\frac{1}{a^*_{11}}\frac{\partial a^*_{11}}{\partial v} \qquad \left\{\begin{smallmatrix}11\\2\end{smallmatrix}\right\}_{a^*} = -\frac{1}{2}\frac{1}{a^*_{22}}\frac{\partial a^*_{11}}{\partial v}$$

erhält man

$$11. \qquad \begin{aligned} c_a(u) &= \frac{1}{a^*}\left[\frac{\partial w'}{\partial u} - \frac{1}{2}(w - w')\frac{\partial \log a^*_{12}}{\partial u}\right] \\ c_a(v) &= \frac{1}{a^*}\left[\frac{\partial w}{\partial v} - \frac{1}{2}(w' - w)\frac{\partial \log a^*_{11}}{\partial v}\right]. \end{aligned}$$

Unter der Voraussetzung des Bestehens der Gleichungen 10., beziehungsweise der Gleichungen 10*., gelten daher die Differentialgleichungen

$$12. \qquad \begin{aligned} \frac{1}{2}\frac{\partial \log a^*_{22}}{\partial u} &= \frac{\frac{\partial w'}{\partial u}}{w - w'} \\ \frac{1}{2}\frac{\partial \log a^*_{11}}{\partial v} &= \frac{\frac{\partial w}{\partial v}}{w' - w}. \end{aligned}$$

Unter der, durch die Gleichungen 10. bezüglich der Coefficienten der Form C ausgedrückten Voraussetzung besitzt die, die Formen A und C begleitende Form B eine bemerkenswerthe Eigenschaft, zu deren Herleitung wir übergehen. Es war

$$B = b_{11}dp^2 + 2b_{12}dp\,dq + b_{22}dq^2 = w^2 a^*_{11}du^2 + w'^2 a^*_{22}dv^2.$$

Wenn man von dieser quadratischen Form, und zwar aus ihrer Darstellung durch die Variablen u, v, die von GAUSS gegebene Invariante k_b, oder das Krümmungsmaass, bildet, so ergiebt sich dasselbe, nach der im I. Abschnitte gegebenen Darstellung als durch die Gleichung:

$$k_b = \frac{-1}{2ww'\sqrt{a^*_{11}a^*_{22}}}\left[\frac{\partial\left(\frac{1}{ww'\sqrt{a^*_{11}a^*_{22}}}\frac{\partial w'^2 a^*_{22}}{\partial u}\right)}{\partial u} + \frac{\partial\left(\frac{1}{ww'\sqrt{a^*_{11}a^*_{22}}}\frac{\partial w^2 a^*_{11}}{\partial v}\right)}{\partial v}\right]$$

bestimmt.

Nach Einführung der Werthe der Differentialquotienten $\frac{\partial w'}{\partial u}, \frac{\partial w}{\partial v}$ aus den Gleichungen 12. bemerkt man die Beziehungen:

$$\frac{\partial w'^2 a^*_{22}}{\partial u} = ww'\frac{\partial a^*_{22}}{\partial u}, \quad \frac{\partial w^2 a^*_{11}}{\partial v} = ww'\frac{\partial a^*_{11}}{\partial v}$$

und erhält mit ihrer Hilfe für k_b die Darstellung

$$k_b = -\frac{1}{2}\frac{1}{ww'\sqrt{a^*_{11}a^*_{22}}}\left[\frac{\partial\left(\frac{1}{\sqrt{a^*_{11}a^*_{22}}}\frac{\partial a^*_{22}}{\partial u}\right)}{\partial u} + \frac{\partial\left(\frac{1}{\sqrt{a^*_{11}a^*_{22}}}\frac{\partial a^*_{11}}{\partial v}\right)}{\partial v}\right].$$

In dem Factor des reciproken Productes ww' der auf der rechten Seite der vorstehenden Gleichung befindlichen Quantität erkennt man das Krümmungsmaass k_a der gegebenen Form $a_{11}dp^2 + 2a_{12}dpdq + a_{22}dq^2$.

Es besteht daher unter der Voraussetzung des Bestehens der Gleichungen 10. auch die wichtige Gleichung

$$13. \qquad k_b = \frac{1}{ww'}k_a.$$

Die Form B steht zur Form C, wie aus den Gleichungen 1. hervorgeht, in den nämlichen algebraischen Beziehungen, wie die Form A zur Form C. Nimmt man diese Form B selbst zur Ausgangsform, so erhält man aus ihr in Verbindung mit der Form C die Form A selbst in der nämlichen Weise, wie die Form B aus A und C erhalten wurde, wenn man nur die Quantitäten w, w' mit ihren reciproken vertauscht.

Auch die Grössen $c_b(p), c_b(q)$ stehen in naher Beziehung zu den Grössen $c_a(p), c_a(q)$ wie aus den einfachen Relationen zwischen den Grössen $c_b(u), c_b(v)$ und $c_a(u), c_a(v)$ hervorgeht.

Bildet man nämlich die letzteren Grössen aus den zu ihrer Definition dienenden Gleichungen, so findet man nach kurzer Rechnung:

$$c_b(u) = -\frac{1}{w^2}\frac{1}{ww'}c_a(u)$$

$$c_b(v) = -\frac{1}{w'^2}\frac{1}{ww'}c_a(v)\,.$$

Aus diesen Gleichungen ergiebt sich, dass unter der gemachten Voraussetzung des Bestehens der Gleichungen 10*., auch die nachstehenden:

$$c_b(u) = 0 \quad , \quad c_b(v) = 0$$

erfüllt sind, und in Folge dessen auch die Gleichungen

14. $$c_b(p) = 0 \quad , \quad c_b(q) = 0$$

bestehen.

Wir wollen ferner die drei Coefficienten c_{11}, c_{12}, c_{22} der Form C, denen schon die Bedingungen 10. auferlegt waren, durch die weitere Festsetzung bestimmen, dass die offenbar stets positive Form B das Quadrat des Linienelementes einer Fläche von constantem Krümmungsmaass ε darstelle, unter ε eine der zwei Quadratwurzeln der Einheit verstanden.

In Folge der Gleichung 13. ist diese Festsetzung durch die Gleichung

$$\varepsilon = \frac{1}{ww'}k_a$$

ausgedrückt, welche Gleichung nach Einführung des durch die Coefficienten der Formen A, C ausgedrückten Werthes der Invariante ww', in der Gestalt

$$\frac{c_{11}c_{22} - c_{12}^2}{a_{11}a_{22} - a_{12}^2} = \varepsilon k_a$$

erscheint.

Die drei Bedingungen, denen die Coefficienten c_{11}, c_{12}, c_{22} der Form C in der Folge unterworfen sein sollen, sind nunmehr durch die nachstehenden Gleichungen

$$\text{I.}\qquad \begin{aligned} &\frac{\partial c_{22}}{\partial p} - \frac{\partial c_{12}}{\partial q} + c_{11}\left\{ {22 \atop 1} \right\}_a + c_{12}\left(\left\{ {22 \atop 2} \right\}_a - \left\{ {21 \atop 1} \right\}_a\right) - c_{22}\left\{ {12 \atop 2} \right\}_a = 0 \\ &\frac{\partial c_{11}}{\partial q} - \frac{\partial c_{12}}{\partial p} - c_{11}\left\{ {12 \atop 1} \right\}_a + c_{12}\left(\left\{ {11 \atop 1} \right\}_a - \left\{ {12 \atop 2} \right\}_a\right) + c_{22}\left\{ {11 \atop 2} \right\}_a = 0 \\ &\qquad\qquad\frac{c_{11}c_{22} - c_{12}^2}{a_{11}a_{22} - a_{12}^2} = \varepsilon k_a \end{aligned}$$

gegeben.

Unter der Voraussetzung, dass diese Gleichungen durch irgend ein Grössensystem c_{11}, c_{12}, c_{22} erfüllt seien, stellt nach den stattgehabten Auseinandersetzungen die Form

$$b_{11}dp^2 + 2b_{12}dp\,dq + b_{22}dq^2 = w^2 a_{11}^* du^2 + w'^2 a_{22}^* dv^2$$

das Quadrat des Linienelements einer Fläche vom constanten Krümmungsmaass ε dar.

Nun haben wir im CRELLE-BORCHARDT'schen Journal im 94. Bande S. 201 und ferner im 95. Bande desselben S. 326—329 den Nachweis geführt, dass sich, für den Fall, dass die Form

$$b_{11}dp^2 + 2b_{12}dp\,dq + b_{22}dq^2$$

das Quadrat des Linienelements einer Fläche vom constanten Krümmungsmaass ε darstellt, durch die Integration zweier gewöhnlicher linearer Differentialgleichungen zweiter Ordnung stets drei reellwerthige Functionen X, Y, Z ermitteln lassen, welche die Gleichungen

$$\begin{aligned} dX^2 + dY^2 + \varepsilon dZ^2 &= b_{11}dp^2 + 2b_{12}dp\,dq + b_{22}dq^2 \\ X^2 + Y^2 + \varepsilon Z^2 &= \varepsilon \end{aligned}$$

erfüllen. Es erscheint überflüssig, die betreffenden Differentialgleichungen in den hier gewählten Bezeichnungen nochmals aufzustellen.

Die Functionen X, Y, Z selbst, welche in der ersten der erwähnten Abhandlungen durch x, y, z bezeichnet wurden, genügen den dort durch (XII.) bezeichneten Gleichungen, welche in den hier gewählten Bezeichnungen durch die folgenden dargestellt werden:

$$\text{II.}\qquad \begin{aligned} &\frac{\partial^2\xi}{\partial p^2} - \left\{ {11 \atop 1} \right\}_b \frac{\partial\xi}{\partial p} - \left\{ {11 \atop 2} \right\}_b \frac{\partial\xi}{\partial q} + \varepsilon b_{11}\xi = 0 \\ &\frac{\partial^2\xi}{\partial p\,\partial q} - \left\{ {12 \atop 1} \right\}_b \frac{\partial\xi}{\partial p} - \left\{ {12 \atop 2} \right\}_b \frac{\partial\xi}{\partial q} + \varepsilon b_{12}\xi = 0 \\ &\frac{\partial^2\xi}{\partial q^2} - \left\{ {22 \atop 1} \right\}_b \frac{\partial\xi}{\partial p} - \left\{ {22 \atop 2} \right\}_b \frac{\partial\xi}{\partial q} + \varepsilon b_{22}\xi = 0. \end{aligned}$$

Durch Einführung der Functionen u, v als neue Variable gehen diese Gleichungen, in Folge der a. a. O. bemerkten Invarianz derselben, in die nachstehenden:

$$\text{II}^*.\qquad \begin{aligned} &\frac{\partial^2\xi}{\partial u^2} - \left\{ {11 \atop 1} \right\}_{b^*} \frac{\partial\xi}{\partial u} - \left\{ {11 \atop 2} \right\}_{b^*} \frac{\partial\xi}{\partial v} + \varepsilon w^2 a^*_{11}\xi = 0 \\ &\frac{\partial^2\xi}{\partial u\,\partial v} - \left\{ {12 \atop 1} \right\}_{b^*} \frac{\partial\xi}{\partial u} - \left\{ {12 \atop 2} \right\}_{b^*} \frac{\partial\xi}{\partial v} = 0 \\ &\frac{\partial^2\xi}{\partial v^2} - \left\{ {22 \atop 1} \right\}_{b^*} \frac{\partial\xi}{\partial u} - \left\{ {22 \atop 2} \right\}_{b^*} \frac{\partial\xi}{\partial v} + \varepsilon w'^2 a^*_{22}\xi = 0 \end{aligned}$$

über.

Die mittlere dieser Gleichungen, deren Betrachtung allein zunächst erfordert wird, lässt sich in Folge der Relationen

$$\left\{ {12 \atop 1} \right\}_{b^*} = \frac{\dfrac{\partial \dfrac{1}{w}}{\partial v}}{\dfrac{1}{w'} - \dfrac{1}{w}}, \quad \left\{ {12 \atop 2} \right\}_{b^*} = \frac{\dfrac{\partial \dfrac{1}{w'}}{\partial u}}{\dfrac{1}{w} - \dfrac{1}{w'}}$$

die sich ohne Mühe mit Hülfe der Gleichungen 12. aus den die Grössen $\left\{ {ik \atop h} \right\}_{b^*}$ definirenden Gleichungen ergeben, in die Gestalt

$$\left(\frac{1}{w} - \frac{1}{w'}\right)\frac{\partial^2 \xi}{\partial u\, \partial v} + \frac{\partial \dfrac{1}{w}}{\partial v}\frac{\partial \xi}{\partial u} - \frac{\partial \dfrac{1}{w'}}{\partial u}\frac{\partial \xi}{\partial v} = 0$$

setzen, aus welcher die Gleichung

$$\frac{\partial \left(\dfrac{1}{w}\dfrac{\partial \xi}{\partial u}\right)}{\partial v} = \frac{\partial \left(\dfrac{1}{w'}\dfrac{\partial \xi}{\partial v}\right)}{\partial u}$$

hervorgeht.

Die durch diese Gleichung ausgedrückte Eigenschaft einer ihr genügenden Function ξ, dass der Differentialausdruck

$$\frac{1}{w}\frac{\partial \xi}{\partial u} du + \frac{1}{w'}\frac{\partial \xi}{\partial v} dv$$

dem Totaldifferential einer Function der Variablen u, v aequivalent wird, kömmt daher jeder der drei Functionen X, Y, Z zu.

Es bestehen in Folge dieser Bemerkung die drei Gleichungen:

$$\text{III.} \qquad \begin{aligned} dx &= \frac{1}{w}\frac{\partial X}{\partial u} du + \frac{1}{w'}\frac{\partial X}{dv} dv \\ dy &= \frac{1}{w}\frac{\partial Y}{\partial u} du + \frac{1}{w'}\frac{\partial Y}{\partial v} dv \\ dz &= \frac{1}{w}\frac{\partial Z}{\partial u} du + \frac{1}{w'}\frac{\partial Z}{\partial v} dv, \end{aligned}$$

in denen x, y, z drei neue Functionen der Variablen u, v bezeichnen.

Bildet man aus den vorstehenden Gleichungen die Summe

$$dx^2 + dy^2 + \varepsilon dz^2,$$

so findet man, unter Berücksichtigung der durch die Functionen X, Y, Z erfüllten Gleichung

$$dX^2 + dY^2 + \varepsilon dZ^2 = B = w^2 a^*_{11} du^2 + w'^2 a^*_{22} dv^2$$

die folgende Beziehung:

$$dx^2 + dy^2 + \varepsilon dz^2 = a^*_{11} du^2 + a^*_{22} dv^2 = A.$$

Es sind daher die Functionen x, y, z, welche sich aus den Gleichungen III. durch Quadraturen ergeben, solche, die dem in der Einleitung besprochenen Transformationsprobleme entsprechen, das durch die Gleichung

$$dx^2 + dy^2 + \varepsilon dz^2 = a_{11}dp^2 + 2a_{12}dp\,dq + a_{22}dq^2 = A$$

ausgedrückt wird.

Mit Hilfe der Formel 3. des ersten Abschnitts transformiren sich die Differentiale dx, dy, dz dieser Functionen sofort in Ausdrücke, welche durch die ursprünglichen Variablen p, q und deren Differentiale dp, dq dargestellt sind, nämlich in die folgenden:

$$\text{IV.}\quad \begin{aligned} dx &= \left(B_{11}\frac{\partial X}{dp} + B_{12}\frac{\partial X}{\partial q}\right)dp + \left(B_{21}\frac{\partial X}{\partial p} + B_{22}\frac{\partial X}{\partial q}\right)dq \\ dy &= \left(B_{11}\frac{\partial Y}{\partial p} + B_{12}\frac{\partial Y}{\partial q}\right)dp + \left(B_{21}\frac{\partial Y}{\partial p} + B_{22}\frac{\partial Y}{\partial q}\right)dq \\ dz &= \left(B_{11}\frac{\partial Z}{\partial p} + B_{12}\frac{\partial Z}{\partial q}\right)dp + \left(B_{21}\frac{\partial Z}{\partial p} + B_{22}\frac{\partial Z}{\partial q}\right)dq \end{aligned}$$

in denen unter den Grössen B_{ik}, nach den im ersten Abschnitt angeführten Formeln, die nachstehenden Werthe verstanden werden:

$$B_{11} = \frac{1}{k_a}\,\frac{a_{11}c_{22} - a_{12}c_{12}}{a_{11}a_{22} - a_{12}^2} \qquad B_{12} = \frac{1}{k_a}\,\frac{a_{12}c_{11} - a_{11}c_{12}}{a_{11}a_{22} - a_{12}^2}$$

$$B_{21} = \frac{1}{k_a}\,\frac{a_{12}c_{22} - a_{22}c_{12}}{a_{11}a_{12} - a_{12}^2} \qquad B_{22} = \frac{1}{k_a}\,\frac{a_{22}c_{11} - a_{12}c_{12}}{a_{11}a_{22} - a_{12}^2}.$$

Diese Gleichungen enthalten, insofern in ihnen die Grössen c_{11}, c_{12}, c_{22} drei den Gleichungen I. genügende Functionen bezeichnen, eine Lösung der Aufgabe: drei reellwerthige Functionen x, y, z der Variablen p, q derart zu bestimmen, dass die Gleichung

$$dx^2 + dy^2 + \varepsilon dz^2 = a_{11}dp^2 + 2a_{12}dp\,dq + a_{22}dq^2$$

zu einer identischen werde.

In dem Falle, dass durch ε die positive Einheit bezeichnet wird, geben sie die sogenannte allgemeine Lösung des Problems der Deformation der krummen Flächen, in der Art wie BOUR dieselbe, unter der Annahme der vollendeten Integration der Differentialgleichung der geodätischen Linien für jede gegebene Fläche, vorgelegt hat. Unter der Voraussetzung dieses Falles besteht zwischen den Functionen X, Y, Z die Gleichung

$$X^2 + Y^2 + Z^2 = 1$$

und die Gleichungen IV. geben, nachdem sie der Reihenfolge nach mit

X, Y, Z multiplicirt und die Summe der erhaltenen Producte addirt worden, die fernere Gleichung

$$Xdx + Ydy + Zdz = 0,$$

aus welcher folgt, dass diese Functionen X, Y, Z die Cosinus der Winkel darstellen, welche die im Punkte (p, q), der durch die Gleichungen IV. dargestellten Fläche, errichtete Normale mit den Axen der Coordinaten x, y, z bildet.

Multiplicirt man ferner die Gleichungen IV. oder die mit ihnen identischen Gleichungen III. der Reihe nach mit dX, dY, dZ und addirt die erhaltenen Producte, so wird man zu der Gleichung

$$dXdx + dYdy + dZdz = wa^*_{11}du^2 + w'a^*_{22}dv^2$$

d. h. zu der nachstehenden:

$$dXdx + dYdy + dZdz = c_{11}dp^2 + 2c_{12}dpdq + c_{22}dq^2$$

geführt, aus welcher sich diejenige geometrische Bedeutung der Coefficienten c_{11}, c_{12}, c_{22} ergiebt, welche im Vorangegangenen schon erwähnt wurde.

Schliesslich zeigt die Gleichung

$$dX^2 + dY^2 + dZ^2 = b_{11}dp^2 + 2b_{12}dpdq + b_{22}dq^2,$$

dass die Form B das Quadrat des Linienelements der Abbildung der durch die Gleichungen IV. gegebenen Fläche auf die Gauss'sche Kugel angiebt.

Die simultanen Invarianten H, K der Formen A und C erweisen sich nach den bekannten Formeln der Krümmungstheorie der krummen Oberflächen, die erste als identisch mit der Summe der Hauptkrümmungen im Punkte (p, q) der betrachteten Fläche, die zweite als identisch mit dem Producte derselben. Bezeichnet man diese zwei Hauptkrümmungen, welche nunmehr die Werthe der Invarianten w und w' sind, durch r und r', so besteht zwischen den drei Formen A, B, C die lineare Beziehung

$$rr'(dx^2 + dy^2 + dz^2) - (r+r')(dXdx + dYdz + dZdz) + dX^2 + dY^2 + dZ^2 = 0$$

eine Beziehung, die für diejenigen Flächen, für welche $r + r' = 0$, sofort den bekannten Satz der Ähnlichkeit der unendlich kleinen Theile dieser Flächen, mit den entsprechenden ihrer Abbildung auf der Gauss'schen Kugel erkennen lässt.

Man bemerkt ohne Mühe, dass die Gleichungen IV. keine anderen sind, als diejenigen, die ich schon im Jahre 1861 im 59. Bande des Crelle-Borchardt'schen Journals (Über eine besondere Classe von aufeinander abwickelbaren Oberflächen.) in die Theorie der krummen Flächen eingeführt habe.

Was die Bestimmung der Functionen X, Y, Z durch die Integration zweier gewöhnlichen linearen Differentialgleichungen zweiter Ordnung anbetrifft, so kann je nach der Constantenannahme dieser Integration, die Bestimmung auf unter einander verschiedene Systeme dieser Functionen führen. Wie aber schon in der erwähnten Abhandlung (Crelle-Borchardt's Journal Bd. 94) gezeigt worden, bestehen zwischen zwei Systemen (X, Y, Z), (X', Y', Z'), von denen jedes ein System linear unabhängiger Integrale der Gleichungen II. darstellt, die Beziehungen

$$X' = aX + bY + cZ$$
$$Y' = a_1 X + b_1 Y + b_2 Z$$
$$Z' = a_2 X + b_2 Y + c_2 Z,$$

in denen die Coefficienten a_i, b_i, c_i constante Coefficienten, und der Gleichungen

$$X^2 + Y^2 + Z^2 = 1$$
$$X'^2 + Z'^2 + Z'^2 = 1$$

wegen, die Coefficienten einer orthogonalen Substitution darstellen.

Die Gleichungen IV. führen daher, wenn in ihnen unter ε die positive Einheit verstanden wird, und unter c_{11}, c_{12}, c_{22} eine die Gleichungen I. befriedigende Terne von Grössen, nach geschehener Bestimmung eines Systems von Grössen X, Y, Z, stets nur auf eine bestimmte, wenngleich durch Drehung des Axensystems in verschiedenen Lagen erhaltene Fläche, oder auf das durch Spiegelung an einer Ebene erzeugte Abbild derselben.

Bei der Annahme $\varepsilon = -1$ in den besprochenen Gleichungen ergiebt sich eine Classe reellwerthiger Functionen x, y, z, welche die Gleichung

$$dx^2 + dy^2 - dz^2 = a_{11} dp^2 + 2a_{12} dp\,dq + a_{22} dq^2$$

erfüllen. Die Functionen x, y dieser Classe genügen der in der Einleitung durch $d.$ bezeichneten partiellen Differentialgleichung zweiter Ordnung, und geben diejenigen Integrale derselben, welche zu dem Problem der Abwickelbarkeit der krummen Flächen in keiner Beziehung stehen.

IV.

Die im vorigen Abschnitte gegebenen Entwickelungen führen die Ermittelung dreier Functionen x, y, z, welche der Gleichung

$$dx^2 + dy^2 + \varepsilon dz^2 = a_{11} dp^2 + 2a_{12} dp\,dq + a_{22} dq^2$$

genügen, anstatt auf die Integration der drei simultanen Differentialgleichungen:

$$\left(\frac{\partial x}{\partial p}\right)^2 + \left(\frac{\partial y}{\partial p}\right)^2 + \varepsilon\left(\frac{\partial z}{\partial p}\right)^2 = a_{11}$$
$$\frac{\partial x}{\partial p}\frac{\partial x}{\partial q} + \frac{\partial y}{\partial p}\frac{\partial y}{\partial q} + \varepsilon\frac{\partial z}{\partial p}\frac{\partial z}{\partial q} = a_{12}$$
$$\left(\frac{\partial x}{\partial q}\right)^2 + \left(\frac{\partial y}{\partial q}\right)^2 + \varepsilon\left(\frac{\partial z}{\partial q}\right)^2 = a_{22},$$

auf die Integration des Gleichungssystems I. zurück. Dieses letztere, ebenfalls drei simultane Gleichungen enthaltende System, verlangt nur noch die Erfüllung zweier partiellen Differentialgleichungen durch drei Functionen c_{11}, c_{12}, c_{22}, welche selbst durch eine algebraische Gleichung zweiten Grades mit einander verbunden sind. Diese erlaubt die Elimination einer der Functionen $c_{i,k}$ und lässt noch zwei partielle Differentialgleichungen für die zwei übrig bleibenden bestehen, welche in Beziehung auf die Differentialquotienten der in sie eingehenden Functionen linear sind. Die Frage nach der Ermittelung der drei Functionen x, y, z, ist daher auf die Integration dieser zwei Gleichungen zurückgeführt.

Wenngleich in dieser Zurückführung eine Vereinfachung des in Rede stehenden Problems erkannt werden darf, so kann doch nicht verhehlt werden, dass die Aufstellung einer einzigen Differentialgleichung, deren Integration zur Erledigung des Problems, unter Voraussetzung, dass $\varepsilon = 1$ sei, nicht allein nothwendig, sondern auch hinreichend ist, durch diese Reduction nicht erlangt wurde, auch bisher nirgends gegeben ist. Durch die weitere Elimination einer der zwei übrig gebliebenen Functionen $c_{i,h}$ aus den zwei erwähnten partiellen Differentialgleichungen würde man zwar auf eine einzige partielle Differentialgleichung für die letzte derselben geführt werden. Diese partielle Differentialgleichung würde eine nothwendige Folge der Gleichungen I. sein, jedoch einen Inhalt an Integralen besitzen, der denjenigen der Gleichungen I. übertrifft. Von diesem Inhalt müsste daher der der Lösung des Problems fremde Bestandtheil abgesondert werden, welche Absonderung einer neuen Aufgabe gleichkommt, deren Schwierigkeiten nicht übersehbar sind, um so weniger als dieser Aufgabe vor erledigter Integration die praecise Formulirung fehlt.

Nun gelingt es zwar leicht jede der in den Gleichungen I. auftretenden drei Functionen $c_{i,k}$ durch eine einzige Function ϕ derart auszudrücken, dass diesen Gleichungen Genüge geschieht, wenn die Function ϕ einer anzugebenden partiellen Differentialgleichung zweiter Ordnung Genüge leistet. Aber einem jeden reellwerthigen Integral ϕ dieser letzteren entsprechen nur in dem Falle $\varepsilon = -1$ stets reelwerthige $c_{i,k}$, wogegen im Falle $\varepsilon = 1$ solchen Integralen auch rein imaginäre Werthe der $c_{i,k}$

entsprechen können, welche durch die Natur des gestellten Problems ausgeschlossen sind.

Bei einer eingehenden Betrachtung der von GAUSS gegebenen, in der Einleitung reproducirten Formeln für die Producte AD, AD', AD'' erkennt man, und bestätigt es leicht durch Ausführung einer einfachen Rechnung, die hier nicht mitgetheilt werden soll, da sie eines weiteren auf die Differentialquotienten der Grössen $\genfrac\{\}{0pt}{}{ik}{h}_a$ und der Quotienten $\frac{a_{11}}{a}$, $\frac{a_{12}}{a}$, $\frac{a_{22}}{a}$ bezüglichen Formelapparates bedarf, dass durch die Gleichungen

$$c_{11} = \frac{\frac{\partial^2\phi}{\partial p^2} - \genfrac\{\}{0pt}{}{11}{1}_a \frac{\partial\phi}{\partial p} - \genfrac\{\}{0pt}{}{11}{2}_a \frac{\partial\phi}{\partial q}}{\sqrt{\alpha - \varepsilon\frac{1}{a}\left[a_{11}\left(\frac{\partial\phi}{\partial q}\right)^2 - 2a_{12}\frac{\partial\phi}{\partial p}\frac{\partial\phi}{\partial q} + a_{22}\left(\frac{\partial\phi}{\partial p}\right)^2\right]}}$$

$$c_{12} = \frac{\frac{\partial^2\phi}{\partial p\,\partial q} - \genfrac\{\}{0pt}{}{12}{1}_a \frac{\partial\phi}{\partial p} - \genfrac\{\}{0pt}{}{12}{2}_a \frac{\partial\phi}{\partial q}}{\sqrt{\alpha - \varepsilon\frac{1}{a}\left[a_{11}\left(\frac{\partial\phi}{\partial q}\right)^2 - 2a_{12}\frac{\partial\phi}{\partial p}\frac{\partial\phi}{\partial q} + a_{22}\left(\frac{\partial\phi}{\partial p}\right)^2\right]}}$$

$$c_{22} = \frac{\frac{\partial^2\phi}{\partial q^2} - \genfrac\{\}{0pt}{}{22}{1}_a \frac{\partial\phi}{\partial p} - \genfrac\{\}{0pt}{}{22}{2}_a \frac{\partial\phi}{\partial q}}{\sqrt{\alpha - \varepsilon\frac{1}{a}\left[a_{11}\left(\frac{\partial\phi}{\partial q}\right)^2 - 2a_{12}\frac{\partial\phi}{\partial p}\frac{\partial\phi}{\partial q} + a_{22}\left(\frac{\partial\phi}{\partial p}\right)^2\right]}}$$

solche Grössen c_{11}, c_{12}, c_{22} gegeben werden, welche den Gleichungen I. Genüge leisten, sobald unter der Function ϕ ein Integral der partiellen Differentialgleichung

$$\phi.\quad \varepsilon k_a\{\alpha - \varepsilon\Delta_1(\phi)\}a = \left[\phi_{22} - \genfrac\{\}{0pt}{}{11}{1}_a\phi_1 - \genfrac\{\}{0pt}{}{11}{2}_a\phi_2\right]\left[\phi_{22} - \genfrac\{\}{0pt}{}{22}{1}_a\phi_1 - \genfrac\{\}{0pt}{}{22}{2}_a\phi_2\right] - \left[\phi_{12} - \genfrac\{\}{0pt}{}{12}{1}_a\phi_1 - \genfrac\{\}{0pt}{}{12}{2}_a\phi_2\right]^2$$

verstanden wird, in welcher die Partialableitungen der Function ϕ durch Indices angedeutet worden sind.

In dieser Differentialgleichung bezeichnet $\Delta_1(\phi)$ der Kürze wegen den Differentialparameter

$$\frac{a_{11}\left(\frac{\partial\phi}{\partial q}\right)^2 - 2a_{12}\frac{\partial\phi}{\partial p}\frac{\partial\phi}{\partial q} + a_{22}\left(\frac{\partial\phi}{\partial p}\right)^2}{a_{11}a_{22} - a_{12}^2}$$

der Function ϕ, und α eine wirkliche Constante, die reell und von positivem Werthe sein möge, die Null nicht ausgeschlossen.

In dem Falle, dass $\varepsilon = -1$ vorausgesetzt wird, sind die durch vorstehende Gleichungen gegebenen Functionen c_{11}, c_{12}, c_{22} stets reellwerthig, wenn für ϕ eine reellwerthige Lösung der partiellen Differentialgleichung $\phi.$ gewählt ist. Ist die willkürliche Constante α nicht gleich

Null angenommen, so fällt diese partielle Differentialgleichung mit der Gleichung d*. der Einleitung zusammen, und bedarf es nach ihrer Integration nur noch der Quadraturen, aber nicht mehr der Gleichungen IV. zur Bestimmung der x, y, z.

Es kann daher die Gleichung ϕ., wenn in ihr unter ε die negative Einheit verstanden wird, unter α eine positive Constante oder Null, als diejenige partielle Differentialgleichung angesehen werden, deren Integration für die Erledigung des Transformationsproblems

$$dx^2 + dy^2 - dz^2 = a_{11} dp^2 + 2a_{12} dp\, dq + a_{22} dq^2$$

nothwendig und hinreichend ist, d. h. als diejenige Differentialgleichung, deren Inhalt an reellwerthigen Integralen nicht grösser ist, als er für die Erledigung des Problems erfordert wird.

Nicht so verhält sich die Sache, wenn man in den Gleichungen I. unter ε die positive Einheit versteht. Setzt man für die Constante α den Werth Null voraus, so werden die drei Grössen c_{11}, c_{12}, c_{22} für jedes reellwerthige Integral der Gleichung ϕ. rein imaginär,[1] und genügen nicht zur Lösung der Aufgabe der Abwickelbarkeit der Flächen unter einander, während wenn man α einer positiven Constanten gleich voraussetzt, die Grössen c_{11}, c_{12}, c_{22} nur dann reellwerthig ausfallen, wenn

$$\frac{a_{11}\left(\dfrac{\partial\phi}{\partial q}\right)^2 - 2a_{12}\dfrac{\partial\phi}{\partial p}\dfrac{\partial\phi}{\partial q} + a_{22}\left(\dfrac{\partial\phi}{\partial p}\right)^2}{a_{11}a_{22} - a_{12}^2} < \alpha,$$

d. h. nur für solche reellwerthige Functionen ϕ, welche der Differentialgleichung ϕ. selbst, und ferner der vorstehenden Bedingung genügen, die, wie leicht zu sehen, auf die in der Einleitung besprochene Bedingung hinauskömmt. Der Inhalt der Differentialgleichung ϕ. an reellwerthigen Integralen übertrifft denjenigen, der mit dem Problem der Abwickelbarkeit in Zusammenhang steht, und es bleibt in Beziehung auf eine Trennung dieses Inhalts eine schon früher ausgesprochene Bemerkung bestehen.

Nur in einem Falle ist es uns gelungen, die Erfüllung der Gleichung

[1] Die von Ossian Bonnet in seinem »Mémoire sur la theorie des surfaces applicables sur une surface donnée.« (Journal de l'école impériale polytechnique Tome XXV 1867 p. 3) für die Lösung des Problems der Abwickelbarkeit einer Fläche auf eine gegebene, aufgestellte Gleichung (9.) fällt mit der obigen Gleichung ϕ. zusammen, wenn man in ihr $\alpha = 0$ wählt, und das von Bonnet gewählte Linienelement $\sqrt{4\lambda^2 dx\,dy}$ einführt.

Nach unserer Auffassung genügt daher die von diesem ausgezeichneten Geometer gegebene Gleichung nicht den Bedingungen des in Rede stehenden Problems; wohl aber ist seine Behandlung für das begleitende pseudogeometrische Problem ausreichend.

a. $$dx^2 + dy^2 + dz^2 = a_{11}\,dp^2 + 2a_{12}\,dp\,dq + a_{22}\,dq^2$$

an die Integration einer partiellen Differentialgleichung zweiter Ordnung zu knüpfen, deren gesammter Inhalt an reellwerthigen Integralen den durch die Erfüllung vorstehender Gleichung gebotenen nicht übertrifft. Es ist dies derjenige Fall, in welchem die quadratische Form

$$a_{11}\,dp^2 + 2a_{12}\,dp\,dq + a_{22}\,dq^2$$

das Quadrat des Linienelementes einer Fläche von constantem Krümmungsmaass k darstellt. Alsdann sind, wie leicht zu verificiren,[1] durch die Gleichungen

$$\begin{aligned}
c_{11} &= \frac{\partial^2\phi}{\partial p^2} - \left\{\begin{matrix}11\\1\end{matrix}\right\}_a \frac{\partial\phi}{\partial p} - \left\{\begin{matrix}11\\2\end{matrix}\right\}_a \frac{\partial\phi}{\partial q} + k a_{11}\phi \\
c_{12} &= \frac{\partial^2\phi}{\partial p\,\partial q} - \left\{\begin{matrix}12\\1\end{matrix}\right\}_a \frac{\partial\phi}{\partial p} - \left\{\begin{matrix}12\\2\end{matrix}\right\}_a \frac{\partial\phi}{\partial q} + k a_{12}\phi \\
c_{22} &= \frac{\partial^2\phi}{\partial q^2} - \left\{\begin{matrix}22\\1\end{matrix}\right\}_a \frac{\partial\phi}{\partial p} - \left\{\begin{matrix}22\\2\end{matrix}\right\}_a \frac{\partial\phi}{\partial q} + k a_{22}\phi
\end{aligned}$$

in denen ϕ eine willkürliche reellwerthige Function der Variablen p, q bezeichnet, drei Functionen c_{11}, c_{12}, c_{22} der Variablen p, q bestimmt, welche den zwei ersten der Gleichungen I. identisch Genüge leisten. Damit auch der dritten dieser Gleichungen Genüge geschieht, ist die Function ϕ aus der nachstehenden partiellen Differentialgleichung zweiter Ordnung

$$\frac{\left[\phi_{11} - \left\{\begin{matrix}11\\1\end{matrix}\right\}_a\phi_1 - \left\{\begin{matrix}11\\2\end{matrix}\right\}\phi_2 + ka_{11}\phi\right]\left[\phi_{22} - \left\{\begin{matrix}22\\1\end{matrix}\right\}_a\phi_1 - \left\{\begin{matrix}22\\2\end{matrix}\right\}_a\phi_2 + ka_{22}\phi\right] - \left[\phi_{12} - \left\{\begin{matrix}12\\1\end{matrix}\right\}_a\phi_1 - \left\{\begin{matrix}12\\2\end{matrix}\right\}_a\phi_2 + ka_{12}\phi\right]^2}{a_{11}a_{12} - a_{12}^2} = k$$

zu bestimmen. Jedes reellwerthige Integral dieser Differentialgleichung führt auf drei den Gleichungen I. genügende Functionen c_{11}, c_{12}, c_{22}, und damit auf drei Functionen x, y, z, die der Gleichung a. genügen, so wie umgekehrt drei Functionen x, y, z, die der letzteren genügen, ein reellwerthiges Integral vorstehender Differentialgleichung bestimmen.

Der Beweis der zuletzt ausgesprochenen Umkehrung ergiebt sich durch die folgende Betrachtung.

Es seien x, y, z drei gegebene Functionen, für welche die Quadratsumme ihrer Differentiale eine quadratische Form $a_{11}\,dp^2 + 2a_{12}\,dp\,dq + a_{22}\,dq^2$ ergiebt, deren Krümmungsmaass den constanten Werth ε besitze, unter ε, der Allgemeinheit unbeschadet, eine Quadratwurzel der Einheit verstanden. Alsdann ist durch diese Functionen, wenn man sie als die rechtwinkligen Coordinaten eines Punktes im Raume auffasst, eine bestimmte krumme

[1] Am leichtesten durch Benutzung der Invarianteneigenschaften der Gleichungen I., die auch für die vorhergehenden Bemerkungen verwerthet werden können.

Fläche gegeben, deren Krümmung in jedem Punkte der Zahl ε gleich ist. Berechnet man für diese Fläche die Cosinus X, Y, Z der Winkel, welche die im Punkte (p, q) derselben errichtete Normale mit den Axen der gewählten Coordinaten bildet, so sind diese Cosinus gegebene Functionen der Variablen p, q. Mit Hilfe der sechs Functionen x, y, z, X, Y, Z erhält man die drei nachstehenden quadratischen Formen

$$\begin{aligned} dx^2 + dy^2 + dz^2 &= a_{11}\,dp^2 + 2a_{12}\,dp\,dq + a_{22}\,dq^2 = A \\ dX dx + dY dy + dZ dz &= c_{11}\,dp^2 + 2c_{12}\,dp\,dq + c_{22}\,dq^2 = C \\ dX^2 + dY^2 + dZ^2 &= b_{11}\,dp^2 + 2b_{12}\,dp\,dq + b_{22}\,dq^2 = B \end{aligned}$$

deren Coefficienten bekannte Functionen der Variablen p, q werden. Die Parameter der Krümmungslinien der betrachteten Fläche sind die früher durch u, v bezeichneten Grössen, und die Invarianten w, w' der zwei ersteren der vorstehenden Formen sind die Hauptkrümmungen dieser Fläche im Punkte p, q.

Für die Form $a_{11}\,dp^2 + 2a_{12}\,dp\,dq + a_{22}\,dq^2$ lassen sich, da sie eine Form vom constanten Krümmungsmaass ε ist, drei Functionen $\mathfrak{X}, \mathfrak{Y}, \mathfrak{Z}$ bestimmen, welche den Gleichungen:

$$\begin{gathered} \mathfrak{X}^2 + \mathfrak{Y}^2 + \varepsilon\mathfrak{Z}^2 = \varepsilon \\ d\mathfrak{X}^2 + d\mathfrak{Y}^2 + \varepsilon d\mathfrak{Z}^2 = a_{11}\,dp^2 + 2a_{12}\,dp\,dq + a_{22}\,dq^2 \end{gathered}$$

genügen.

Jede dieser Functionen befriedigt alsdann die drei partiellen linearen Differentialgleichungen:

$$\begin{aligned} \frac{\partial^2\eta}{\partial p^2} - \left\{ {11 \atop 1} \right\}_a \frac{\partial\eta}{\partial p} - \left\{ {11 \atop 2} \right\}_a \frac{\partial\eta}{\partial q} + \varepsilon a_{11}\eta &= 0 \\ \frac{\partial^2\eta}{\partial p\,\partial q} - \left\{ {12 \atop 1} \right\}_a \frac{\partial\eta}{\partial p} - \left\{ {12 \atop 2} \right\}_a \frac{\partial\eta}{\partial q} + \varepsilon a_{12}\eta &= 0 \\ \frac{\partial^2\eta}{\partial q^2} - \left\{ {22 \atop 1} \right\}_a \frac{\partial\eta}{\partial p} - \left\{ {22 \atop 2} \right\}_a \frac{\partial\eta}{\partial q} + \varepsilon a_{22}\eta &= 0\,, \end{aligned}$$

welche, wenn man die Parameter u, v der Krümmungslinien anstatt der Variablen p, q eingeführt denkt, mit den folgenden drei Gleichungen übereinstimmen:

$$\begin{aligned} \frac{\partial^2\eta}{\partial u^2} - \left\{ {11 \atop 1} \right\}_{a^*} \frac{\partial\eta}{\partial u} - \left\{ {11 \atop 2} \right\}_{a^*} \frac{\partial\eta}{\partial v} + \varepsilon a^*_{11}\eta &= 0 \\ \frac{\partial^2\eta}{\partial u\,\partial v} - \left\{ {12 \atop 1} \right\}_{a^*} \frac{\partial\eta}{\partial u} - \left\{ {12 \atop 2} \right\}_{a^*} \frac{\partial\eta}{\partial v} &= 0 \\ \frac{\partial^2\eta}{\partial v^2} - \left\{ {22 \atop 1} \right\}_{a^*} \frac{\partial\eta}{\partial u} - \left\{ {22 \atop 2} \right\}_{a^*} \frac{\partial\eta}{\partial v} + \varepsilon a^*_{22}\eta &= 0 \end{aligned}$$

von denen die mittlere in Folge der Beziehungen:

$$\left\{ {12 \atop 1} \right\}_{a^*} = \frac{1}{2} \frac{\partial \log a^*_{11}}{\partial v} = \frac{\dfrac{\partial r}{\partial v}}{r' - r}$$

$$\left\{ {12 \atop 2} \right\}_{a^*} = \frac{1}{2} \frac{\partial \log a^*_{22}}{\partial u} = \frac{\dfrac{\partial r'}{\partial u}}{r - r'}$$

in die Form:

$$\frac{\partial\left(r \dfrac{\partial \eta}{\partial u}\right)}{\partial v} = \frac{\partial\left(r' \dfrac{\partial \eta}{\partial v}\right)}{\partial u}$$

gesetzt werden kann. Da jede der drei Functionen $\mathfrak{X}$, $\mathfrak{Y}$, $\mathfrak{Z}$ der vorstehenden Gleichung Genüge leistet, so existiren drei andere Functionen $\mathfrak{x}$, $\mathfrak{y}$, $\mathfrak{z}$, welche die Gleichungen:

$$\text{V.} \quad \begin{aligned} d\mathfrak{x} &= r \frac{\partial \mathfrak{X}}{\partial u} du + r' \frac{\partial \mathfrak{X}}{\partial v} dv \\ d\mathfrak{y} &= r \frac{\partial \mathfrak{Y}}{\partial u} du + r' \frac{\partial \mathfrak{Y}}{\partial v} dv \\ d\mathfrak{z} &= r \frac{\partial \mathfrak{Z}}{\partial u} du + r' \frac{\partial \mathfrak{Z}}{\partial v} dv \end{aligned}$$

erfüllen.[1]

Die Functionen $\mathfrak{X}$, $\mathfrak{Y}$, $\mathfrak{Z}$ waren derart bestimmt, dass

$$\text{VI.} \quad d\mathfrak{X}^2 + d\mathfrak{Y}^2 + \varepsilon d\mathfrak{Z}^2 = a^*_{11} du^2 + a^*_{22} dv^2 = a_{11} dp^2 + 2a_{12} dp\, dq + a_{22} dq^2 .$$

Bildet man unter Berücksichtigung der vorstehenden Gleichungen die Summe $d\mathfrak{x}^2 + d\mathfrak{y}^2 + \varepsilon d\mathfrak{z}^2$, so findet man offenbar

$$d\mathfrak{x}^2 + d\mathfrak{y}^2 + \varepsilon d\mathfrak{z}^2 = r^2 a^*_{11} du^2 + r'^2 a^*_{22} dv^2 = b_{11} dp^2 + 2b_{12} dp\, dq + b_{22} dq^2 ,$$

während sich für die Differentialform

$$d\mathfrak{X} d\mathfrak{x} + d\mathfrak{Y} d\mathfrak{y} + \varepsilon d\mathfrak{Z} d\mathfrak{z}$$

die Gleichung:

$$\text{VII.} \quad d\mathfrak{X} d\mathfrak{x} + d\mathfrak{Y} d\mathfrak{y} + \varepsilon d\mathfrak{Z} d\mathfrak{z} = r a^*_{11} du^2 + r' a^*_{22} dv^2 = c_{11} dp^2 + 2c_{12} dp\, dq + c_{22} dq^2$$

ergiebt.

Schliesslich bemerkt man noch der Relation

$$\mathfrak{X}^2 + \mathfrak{Y}^2 + \varepsilon \mathfrak{Z}^2 = \varepsilon$$

wegen, die Gleichung

$$\text{VIII.} \quad \mathfrak{X} d\mathfrak{x} + \mathfrak{Y} d\mathfrak{y} + \varepsilon \mathfrak{Z} d\mathfrak{z} = 0 .$$

[1] Mit Hilfe der Formel 3^*. des ersten Abschnitts erhält man die $d\mathfrak{x}$, $d\mathfrak{y}$, $d\mathfrak{z}$ direct durch die ursprünglichen Variablen p, q ausgedrückt.

Betrachtet man nunmehr die Summe $\mathfrak{X}\mathfrak{x} + \mathfrak{Y}\mathfrak{y} + \varepsilon\mathfrak{Z}\mathfrak{z}$, welche durch Q bezeichnet werden möge, so gelten in Folge der Gleichungen VII. und VIII. die nachstehenden

$$
\begin{aligned}
Q &= \mathfrak{X}\mathfrak{x} + \mathfrak{Y}\mathfrak{y} + \varepsilon\mathfrak{Z}\mathfrak{z} \\
\frac{\partial Q}{\partial p} &= \frac{\partial \mathfrak{X}}{\partial p}\mathfrak{x} + \frac{\partial \mathfrak{Y}}{\partial p}\mathfrak{y} + \varepsilon\frac{\partial \mathfrak{Z}}{\partial p}\mathfrak{z} \\
\frac{\partial Q}{\partial q} &= \frac{\partial \mathfrak{X}}{\partial q}\mathfrak{x} + \frac{\partial \mathfrak{Y}}{\partial q}\mathfrak{y} + \varepsilon\frac{\partial \mathfrak{Z}}{\partial q}\mathfrak{z} \\
\frac{\partial^2 Q}{\partial p^2} &= \frac{\partial^2 \mathfrak{X}}{\partial p^2}\mathfrak{x} + \frac{\partial^2 \mathfrak{Y}}{\partial p^2}\mathfrak{y} + \varepsilon\frac{\partial^2 \mathfrak{Z}}{\partial p^2}\mathfrak{z} + c_{11} \\
\frac{\partial^2 Q}{\partial p\,\partial q} &= \frac{\partial^2 \mathfrak{X}}{\partial p\,\partial q}\mathfrak{x} + \frac{\partial^2 \mathfrak{Y}}{\partial p\,\partial q}\mathfrak{y} + \varepsilon\frac{\partial^2 \mathfrak{Z}}{\partial p\,\partial q}\mathfrak{z} + c_{12} \\
\frac{\partial^2 Q}{\partial q^2} &= \frac{\partial^2 \mathfrak{X}}{\partial q^2}\mathfrak{x} + \frac{\partial^2 \mathfrak{Y}}{\partial q^2}\mathfrak{y} + \varepsilon\frac{\partial^2 \mathfrak{Z}}{\partial q^2}\mathfrak{z} + c_{22},
\end{aligned}
$$

von denen die drei letzteren, unter Benutzung der die Functionen $\mathfrak{X}, \mathfrak{Y}, \mathfrak{Z}$ beherrschenden linearen partiellen Differentialgleichungen, in die folgenden übergehen:

$$
\begin{aligned}
\frac{\partial^2 Q}{\partial p^2} &= \left\{ {11 \atop 1} \right\}_a \frac{\partial Q}{\partial p} + \left\{ {11 \atop 2} \right\}_a \frac{\partial Q}{\partial q} - \varepsilon a_{11} Q + c_{11} \\
\frac{\partial^2 Q}{\partial p\,\partial q} &= \left\{ {12 \atop 1} \right\}_a \frac{\partial Q}{\partial p} + \left\{ {12 \atop 2} \right\}_a \frac{\partial Q}{\partial q} - \varepsilon a_{12} Q + c_{12} \\
\frac{\partial^2 Q}{\partial q^2} &= \left\{ {22 \atop 2} \right\}_a \frac{\partial Q}{\partial p} + \left\{ {22 \atop 2} \right\}_a \frac{\partial Q}{\partial q} - \varepsilon a_{22} Q + c_{22}.
\end{aligned}
$$

Aus ihnen folgt wegen

$$\frac{c_{11} c_{22} - c_{12}^2}{a_{11} a_{22} - a_{12}^2} = \varepsilon$$

die partielle Differentialgleichung zweiter Ordnung

$$\frac{[Q_{11} - \left\{ {11 \atop 1} \right\}_a Q_1 - \left\{ {11 \atop 2} \right\}_a Q_2 + \varepsilon a_{11} Q]\,[Q_{22} - \left\{ {22 \atop 1} \right\}_a Q_1 - \left\{ {22 \atop 2} \right\}_a Q_2 + \varepsilon a_{22} Q] - [Q_{12} - \left\{ {12 \atop 1} \right\}_a Q_1 - \left\{ {12 \atop 2} \right\}_a Q_2 + \varepsilon a_{12} Q]^2}{a^{11} a^{22} - a_{12}^2} = \varepsilon$$

für die Function Q, welche mit der oben für die Function ϕ aufgestellten Differentialgleichung zusammenfällt.[1]

Es entspricht daher in der That jeder reellwerthigen Lösung ϕ dieser Differentialgleichung eine Fläche von constantem Krümmungs-

[1] Die Einführung der Zwischenvariablen u, v, die in den Endresultaten der gesammten vorstehenden Entwickelungen nicht mehr erscheinen, ist keine nothwendige. Es reichen die Eigenschaften der Verbindungen $c_a(p)$, $c_a(q)$ der ursprünglichen Variablen vollständig zur Entwickelung aller, von den Variablen u, v freien Endresultate aus. Das Vermeiden dieser Variablen führt aber zu einem grösseren Aufwande von Rechnung, und lässt die geometrischen Beziehungen der Resultate schwer erkennen.

maasse ε, und umgekehrt jeder solchen Fläche eine reellwerthige Lösung dieser Differentialgleichung.

In dem Falle, dass ε der positiven Einheit gleich gesetzt wird, enthalten die zuletzt gegebenen Entwickelungen ein interessantes, auf die Flächen vom Krümmungsmaass Eins bezügliches Resultat. In diesem Falle bestimmen die Gleichungen V. in Folge der Gleichung

$$\mathfrak{X}\,d\mathfrak{x} + \mathfrak{Y}\,d\mathfrak{y} + \mathfrak{Z}\,d\mathfrak{z} = 0$$

eine Fläche, für welche die Functionen $\mathfrak{X}, \mathfrak{Y}, \mathfrak{Z}$ die Cosinus der Winkel der im Punkte (u, v) derselben errichteten Normale mit den Coordinatenaxen der $\mathfrak{x}, \mathfrak{y}, \mathfrak{z}$ angeben. Diese Fläche besitzt selbst wiederum das Krümmungsmaass Eins. Denn das Krümmungsmaass der Form B, durch welche das Quadrat des Linienelementes

$$d\mathfrak{x}^2 + d\mathfrak{y}^2 + d\mathfrak{z}^2$$

dieser Fläche dargestellt wird, ist der Einheit gleich, da diese Form für die ursprünglich betrachtete Fläche (x, y, z), das Quadrat des Linienelementes der Abbildung auf die Gauss'sche Kugel angiebt.

Die Gleichungen V. zeigen ferner, dass auch für diese zweite Fläche die Variablen u, v die Parameter der Krümmungslinien darstellen, und dass r und r' die Hauptkrümmungsradien derselben im Punkte (u, v) sind, während für die ursprünglich gegebene Fläche die nämlichen Quantitäten die den Parametern u, v entsprechenden Hauptkrümmungen darstellten. Die für die gegebene Fläche $[x, y, z]$ und für die aus ihr abgeleitete $[\mathfrak{x}, \mathfrak{y}, \mathfrak{z}]$ bestehenden Beziehungen:

$$dx^2 + dy^2 + dz^2 = a_{11}\,dp^2 + 2a_{12}\,dp\,dq + a_{22}\,dq^2\,,\quad d\mathfrak{x}^2 + d\mathfrak{y}^2 + d\mathfrak{z}^2 = b_{11}\,dp^2 + 2b_{12}\,dp\,dq + b_{22}\,dq^2$$
$$dX^2 + dY^2 + dZ^2 = b_{11}\,dp^2 + 2b_{12}\,dp\,dq + b_{22}\,dq^2\,,\quad d\mathfrak{X}^2 + d\mathfrak{Y}^2 + d\mathfrak{Z}^2 = a_{11}\,dp^2 + 2a_{12}\,dp\,dq + a_{22}\,dq^2$$

enthalten nunmehr das folgende Theorem:

Den Punkten einer gegebenen Fläche vom Krümmungsmaass Eins entsprechen stets die Punkte einer zweiten durch sie bestimmten Fläche vom gleichen Krümmungsmaass derart, dass das Linienelement der ersten dem Linienelement der Abbildung der zweiten auf die Gauss'sche Kugel gleich ist, und umgekehrt. Bei dieser Zusammengehörigkeit sind die Krümmungslinien beider Flächen entsprechende Linien, und die Hauptkrümmungen in entsprechenden Punkten einander gleich, jedoch in Beziehung auf die zugehörigen Krümmungslinien untereinander vertauscht.

Es ist hier der Ort, des Zusammenhangs der zuletzt benutzten Entwickelungen mit einigen anderen Untersuchungen der Theorie der Oberflächen Erwähnung zu thun.

Man kann, anstatt diejenigen Eigenschaften der krummen Oberflächen zu untersuchen, welche an eine gegebene Form des Quadrates

ihres Linienelementes geknüpft sind, auch diejenigen Eigenschaften der Flächen ins Auge fassen, die aus einer gegebenen Form des Quadrates des Linienelementes der Abbildung derselben auf die GAUSS'sche Kugel hervorgehen. Diese Gattung von Untersuchungen ist von OSSIAN BONNET in seiner Abhandlung: Memoire sur l'emploi d'un nouveau système de variables dans l'étude des propriétés des surfaces courbes (LIOUVILLE Journal, Tome V. 1860) eröffnet worden, und zwar unter der Voraussetzung, dass das Quadrat des Linienelementes der Abbildung auf die GAUSS'sche Kugel die Form

$$d\phi^2 + \sin^2\phi \, dv^2$$

besitze. Von demselben Gesichtspunkte aus gab CHRISTOFFEL die schöne Untersuchung »Über die Bestimmung der Gestalt einer krummen Oberfläche durch locale Messungen auf derselben« (CRELLE BORCHARDT's Journal Bd. 64).

Denkt man die Punkte (x, y, z) einer krummen Fläche durch die Werthe zweier Variablen p, q bestimmt, und bezeichnet durch X, Y, Z die Cosinus der Winkel, welche die im Punkte (x, y, z) dieser Fläche errichtete Normale mit den Coordinatenaxen bildet, d. h. die Coordinaten des Punktes (X, Y, Z) auf der GAUSS'schen Kugel, welcher als die Abbildung des Punktes (x, y, z) gilt, und sei die quadratische Form

$$b_{11} dp^2 + 2 b_{12} dp dq + b_{22} dq^2$$

die gegebene Darstellung der Summe

$$dX^2 + dY^2 + dZ^2,$$

so genügen die Cosinus X, Y, Z einzeln den drei simultanen partiellen linearen Differentialgleichungen:

$$\frac{\partial^2 U}{\partial p^2} - \left\{ {11 \atop 1} \right\}_b \frac{\partial U}{\partial p} - \left\{ {11 \atop 2} \right\}_b \frac{\partial U}{\partial q} + b_{11} U = 0$$

$$\frac{\partial^2 U}{\partial p \, \partial q} - \left\{ {12 \atop 1} \right\}_b \frac{\partial U}{\partial p} - \left\{ {12 \atop 2} \right\}_b \frac{\partial U}{\partial q} + b_{12} U = 0$$

$$\frac{\partial^2 U}{\partial q^2} - \left\{ {22 \atop 1} \right\}_b \frac{\partial U}{\partial p} - \left\{ {22 \atop 2} \right\}_b \frac{\partial U}{\partial q} + b_{22} U = 0.$$

Betrachtet man die Function P, welche durch die Gleichung

15. $$P = Xx + Yy + Zz$$

definirt wird, oder den algebraischen Werth der vom willkürlichen Anfangspunkt der Coordinaten auf die Tangentialebene im Punkte (x, y, z) der gegebenen Fläche gefällten Normale, so ergeben sich für die ersten Differentialquotienten derselben die Gleichungen:

16.
$$\frac{\partial P}{\partial p} = \frac{\partial X}{\partial p}x + \frac{\partial Y}{\partial p}y + \frac{\partial Z}{\partial p}z$$
$$\frac{\partial P}{\partial q} = \frac{\partial X}{\partial q}x + \frac{\partial Y}{\partial q}y + \frac{\partial Z}{\partial q}z,$$

während die zweiten Differentialquotienten dieser Function, unter Benutzung der linearen partiellen Differentialgleichungen, denen die Cosinus X, Y, Z genügen, durch die weiteren Gleichungen

$$\frac{\partial^2 P}{\partial p^2} = \left\{ {11 \atop 1} \right\}_b \frac{\partial P}{\partial p} + \left\{ {11 \atop 2} \right\}_b \frac{\partial P}{\partial q} - b_{11} P + \left[\frac{\partial X}{\partial p}\frac{\partial x}{\partial p} + \frac{\partial Y}{\partial p}\frac{\partial y}{\partial p} + \frac{\partial Z}{\partial p}\frac{\partial z}{\partial p} \right]$$
$$\frac{\partial^2 P}{\partial p \partial q} = \left\{ {12 \atop 1} \right\}_b \frac{\partial P}{\partial p} + \left\{ {12 \atop 2} \right\}_b \frac{\partial P}{\partial q} - b_{12} P + \left[\frac{\partial X}{\partial p}\frac{\partial x}{\partial q} + \frac{\partial Y}{\partial p}\frac{\partial y}{\partial q} + \frac{\partial Z}{\partial p}\frac{\partial z}{\partial q} \right]$$
$$\frac{\partial^2 P}{\partial p \partial q} = \left\{ {12 \atop 1} \right\}_b \frac{\partial P}{\partial p} + \left\{ {12 \atop 2} \right\}_b \frac{\partial P}{\partial q} - b_{12} P + \left[\frac{\partial X}{\partial q}\frac{\partial x}{\partial p} + \frac{\partial Y}{\partial q}\frac{\partial y}{\partial p} + \frac{\partial Z}{\partial q}\frac{\partial z}{\partial p} \right]$$
$$\frac{\partial^2 P}{\partial q^2} = \left\{ {22 \atop 1} \right\}_b \frac{\partial P}{\partial p} + \left\{ {22 \atop 1} \right\}_b \frac{\partial P}{\partial q} - b_{22} P + \left[\frac{\partial X}{\partial q}\frac{\partial x}{\partial q} + \frac{\partial Y}{\partial q}\frac{\partial y}{\partial q} + \frac{\partial Z}{\partial q}\frac{\partial z}{\partial q} \right]$$

gegeben werden. Nach Einführung der Bezeichnungen

$$c_{11} = \frac{\partial^2 P}{\partial p^2} - \left\{ {11 \atop 1} \right\}_b \frac{\partial P}{\partial p} - \left\{ {11 \atop 2} \right\}_b \frac{\partial P}{\partial q} + b_{11} P$$
$$c_{12} = \frac{\partial^2 P}{\partial p \partial q} - \left\{ {12 \atop 1} \right\}_b \frac{\partial P}{\partial p} - \left\{ {12 \atop 2} \right\}_b \frac{\partial P}{\partial q} + b_{12} P$$
$$c_{22} = \frac{\partial^2 P}{\partial q_2} - \left\{ {22 \atop 2} \right\}_b \frac{\partial P}{\partial p} - \left\{ {22 \atop 1} \right\}_b \frac{\partial P}{\partial q} + b_{22} P$$

ersieht man das Bestehen der Gleichung:

$$c_{11}\,dp^2 + 2c_{12}\,dp\,dq + c_{22}\,dq^2 = dX\,dx + dY\,dy + dZ\,dz.$$

Nun sind die simultanen absoluten Invarianten der zwei Formen $dX^2 + dY^2 + dZ^2$, $dX dx + dY dy + dZ dz$, d. h. die folgenden Werthe

$$\frac{b_{11}c_{22} - 2b_{12}c_{12} + b_{22}c_{11}}{b_{11}b_{22} - b_{12}^2}$$
$$\frac{c_{11}c_{22} - c_{12}^2}{b_{11}b_{22} - b_{12}^2}$$

wie man sich leicht überzeugt, für eine jede Fläche der erste mit der Summe der Hauptkrümmungsradien ρ, ρ', der zweite mit dem Producte derselben im Punkte (p, q) der betrachteten Fläche identisch, und es gelten die Gleichungen

17.
$$\frac{b_{11}c_{22} - 2b_{12}c_{12} + b_{22}c_{11}}{b_{11}b_{22} - b_{12}^2} = \rho + \rho'$$

$$18.\qquad \frac{c_{11}c_{22}-c_{12}^2}{b_{11}b_{22}-b_{12}^2}=\rho\rho'=\frac{1}{k}.$$

Die Gleichung 17. kann unter Berücksichtigung der für die Grössen c_{ik} gegebenen Definitionen leicht in die Form:

$$19.\qquad \frac{1}{\sqrt{b_{11}b_{22}-b_{12}^2}}\left[\frac{\partial\left(\dfrac{b_{22}\dfrac{\partial P}{\partial p}-b_{12}\dfrac{\partial P}{\partial q}}{\sqrt{b_{11}b_{22}-b_{12}^2}}\right)}{\partial p}+\frac{\partial\left(\dfrac{b_{11}\dfrac{\partial P}{\partial q}-b_{12}\dfrac{\partial P}{\partial p}}{\sqrt{b_{11}b_{22}-b_{12}^2}}\right)}{\partial q}\right]+2P=\rho+\rho'$$

gebracht werden.

Für die Coordinaten x, y, z selbst ergeben sich aus den Gleichungen 15. und 16. die Bestimmungen:

$$20.\qquad \begin{aligned}
x&=PX+\frac{b_{11}\dfrac{\partial X}{\partial q}\dfrac{\partial P}{\partial q}-b_{12}\left(\dfrac{\partial X}{\partial p}\dfrac{\partial P}{\partial q}+\dfrac{\partial X}{\partial q}\dfrac{\partial P}{\partial p}\right)+b_{22}\dfrac{\partial X}{\partial p}\dfrac{\partial P}{\partial p}}{b_{11}b_{22}-b_{12}^2}\\
y&=PY+\frac{b_{11}\dfrac{\partial Y}{\partial q}\dfrac{\partial P}{\partial q}-b_{12}\left(\dfrac{\partial Y}{\partial p}\dfrac{\partial P}{\partial q}+\dfrac{\partial Y}{\partial q}\dfrac{\partial P}{\partial p}\right)+b_{22}\dfrac{\partial Y}{\partial p}\dfrac{\partial P}{\partial p}}{b_{11}b_{12}-b_{12}^2}\\
z&=PZ+\frac{b_{11}\dfrac{\partial Z}{\partial q}\dfrac{\partial P}{\partial q}-b_{12}\left(\dfrac{\partial Z}{\partial p}\dfrac{\partial P}{\partial q}+\dfrac{\partial Z}{\partial q}\dfrac{\partial P}{\partial p}\right)+b_{22}\dfrac{\partial Z}{\partial p}\dfrac{\partial P}{\partial p}}{b_{11}b_{22}-b_{12}^2}.
\end{aligned}$$

Die vorstehenden Gleichungen enthalten die Elemente einer Krümmungstheorie der Flächen, welche der Voraussetzung entspricht, dass die Cosinus der Winkel der in einem Punkte (p, q) einer Fläche errichteten Normalen mit den Coordinatenaxen als Functionen der Variablen p, q gegeben seien.

Sie zeigen, dass, wenn unter dieser Voraussetzung die Summe der Hauptkrümmungsradien einer Fläche eine bekannte Function der Variablen p, q sein soll, die Bestimmung dieser Fläche von der Integration der linearen Differentialgleichung zweiter Ordnung 19. abhängig ist, nach deren Integration sich die Coordinaten der Punkte dieser Fläche durch die Function P und ihrer Derivirten allein, ohne Quadraturen, bestimmen lassen.

Wird dagegen für das Krümmungsmaass einer Fläche eine dasselbe in jedem Punkte darstellende Function k der Variablen p, q gegeben, so ist die complicirtere Differentialgleichung 18. die zu integrirende, nach deren Integration die Bestimmung der Coordinaten wie vorher erfolgt.

Sind schliesslich nicht die Cosinus X, Y, Z selbst gegeben, sondern nur die Quadratsumme ihrer Differentiale

$$b_{11}dp^2+2b_{12}dp\,dq+b_{22}dq^2,$$

so würde durch die mehrfach erwähnte Integration zweier linearer gewöhnlicher Differentialgleichungen zweiter Ordnung sich stets ein System von Functionen X, Y, Z bestimmen lassen, welches diese Cosinus vertreten könnte. Statt dieses Systems könnte auch jedes andere mit ihm durch die Beziehungen einer orthogonalen Substitution zusammenhängende gewählt werden.

In Rücksicht auf diese Bemerkung erweisen die Gleichungen 20. offenbar folgendes Theorem:

Wenn für die Punkte einer krummen Fläche die Abbildung auf der GAUSS'schen Kugel (beziehungsweise auf die Himmelskugel) eine gegebene ist, und man kennt den Abstand eines mit dieser Fläche fest verbundenen Punktes von der Tangentialebene an diese Flächen in jedem ihrer Punkte, so ist die Gestalt der Fläche eine vollkommen bestimmte, während ihre Lage im Raum durch diese Bestimmungen nicht festgestellt wird.

Dieses Theorem ist selbstverständlich an die Voraussetzung gebunden, dass der von Punkt zu Punkt veränderliche Abstand des mit der gegebenen Fläche verbundenen Punktes von der entsprechenden Tangentialebene, stets erste und zweite partielle Differentialquotienten von bestimmtem Werth zulässt.

Berlin 1884.

Über die Photographie farbiger Gegenstände in den richtigen Tonverhältnissen.

Von H. W. Vogel.

(Hierzu eine Tafel mit einer Chromo-Lithographie und zwei danach aufgenommenen durch Lichtdruck vervielfältigten Photographien.)

Als einen Hauptvorzug der Photographie rühmt man ihre Naturtreue. Thatsache ist es, dass der photographische Apparat eine mathematisch genaue perspectivische Projection zu liefern vermag, so dass sogar nach den Grundsätzen der Centralperspective aus einer Photographie die Dimensionen des dargestellten Gegenstandes entnommen werden können, wenn gewisse Grundelemente gegeben sind.

Weiter geht aber die Naturtreue der Photographie nicht. Ich habe Gelegenheit genommen, in meinem Handbuche der Photographie (Berlin bei Oppenheim, III. Aufl. S. 467) zahlreiche Unwahrheiten der Photographie zu kennzeichnen. Die schlimmste Unwahrheit ist die falsche Wiedergabe der Farben. Die Photographie liefert dieselben nicht in der Abstufung der natürlichen Helligkeit, wie sie das Auge empfindet, sondern oft geradezu umgekehrt. Manche helle Farbe, z. B. Chromgelb, Mennige wirken in der Photographie gar nicht oder nur schwach, sie erscheinen deshalb schwarz; andere dunklere Farben, wie Ultramarinblau, Cobaltblau, wirken dagegen photographisch äusserst kräftig und erscheinen deshalb im Bilde weiss oder doch viel heller als sie wirklich sind.[1]

Die Ursache dieser seit den ersten Zeiten der Photographie bekannten Erscheinung wurde erst allmählig erkannt. Es wurde festgestellt, dass die Wirkung der Pigmente innerhalb gewisser Grenzen[2] der Wirkung der ihnen im Ton ähnlichen Spectralfarben entspricht und nannte man in Folge dessen die stark brechbaren blauen, violetten und ultravioletten

[1] Vergl. die in meinem Lehrbuche publicirte Farbentafel nebst danach gefertigter Photographie.

[2] Manche hellgelbe Pigmente, welche viel Weiss enthalten, z. B. Neapelgelb, ebenso manche sehr dunklen blauen, z. B. Indigo und Berliner Blau, machen eine Ausnahme von dieser Regel, erstere werden in der Photographie hell, letztere dunkel (a. a. O.).

Strahlen chemisch wirksame, die grünen, gelben und rothen chemisch unwirksame. Diese Anschauung blieb herrschend bis in die neuere Zeit, obgleich HERSCHEL bereits im Jahre 1842 nachwies,[1] dass gewisse Pflanzenfarbstoffe keineswegs durch das blaue oder violette Licht am stärksten gebleicht werden, sondern durch Farbenstrahlen, welche den betreffenden Pflanzenfarben complementär erscheinen. So bleicht der violette Veilchenfarbstoff am besten im grünen Licht, verschiedene blaue Blüthenfarbstoffe am besten im gelben Licht etc.

Die Bezeichnung der stark brechbaren Strahlen des Spectrums als ausschliesslich chemisch wirksame war daher streng genommen nicht aufrecht zu erhalten, sie galt ausschliesslich für die Substanzen, die als vorzugsweise lichtempfindlich zuerst in den photographischen Verfahren Anwendung fanden, wie die Silbersalze, Chromsäuresalze, Ferridsalze etc., ausserdem aber auch für Chlorknallgas.

Die Ursache, warum diese Stoffe vorzugsweise für die stark brechbaren Strahlen empfindlich sind, wurde aber erst später erkannt, als man die Absorption des Lichtes in verschiedenen Medien studirte.

DRAPER war der erste, welcher 1850 die Ansicht aussprach, dass nur diejenigen Strahlen chemisch auf einen Körper wirken, welche von dem Körper absorbirt werden.[2]

Diese Anschauung veranlasste SCHULTZ-SELLACK 1870 zu eingehenden Studien über den Zusammenhang zwischen Absorption und chemischer Wirkung in Bezug auf Silbersalze, und bewies er experimentell, dass nur diejenigen Strahlen auf Silbersalze wirken, welche von demselben in merklicher Stärke absorbirt werden.[3]

SCHULTZ-SELLACK untersuchte auch den Einfluss fremder Substanzen, der sogenannten Beschleuniger, die in photographischen Processen vielfach angewendet werden, weil sie die chemische Zersetzung durch das Licht sehr energisch befördern; er sprach aber denselben jeden sonderlichen Einfluss ab (a. a. O.).

In dieser Hinsicht führten jedoch meine Untersuchungen zu ganz anderen Resultaten. Die Erfahrungen der Praxis ergeben, dass z. B. bei Jodsilber die Gegenwart von Silberauflösung einen tiefgehenden Einfluss auf die Lichtempfindlichkeit ausübt, so dass Jodsilber bei Gegenwart von Silbernitrat an zwanzig Mal empfindlicher erscheint, als in reinem Zustande. Analoge günstige Wirkungen üben nun auch Tannin, Pyrogallussäure aus. Man schrieb diese günstige Wirkung den reducirenden Eigenschaften des Tannins etc. zu, konnte aber damit die be-

[1] Philosoph. transaction. 1842. p. 189.
[2] Philos. Magazin 19. S. 145; 51. S. 161 (4) 44 p. 422.
[3] POGGEND. Ann. 143 S. 166. Photogr. Mittheilungen VII. S. 301.

schleunigende Wirkung des Silbernitrats, der allen anderen Beförderern der Lichtempfindlichkeit weit überlegen ist, nicht erklären. Ich stellte schliesslich experimentell fest, dass alle diese Praeparate, welche als Beschleuniger oder Sensibilisatoren wirken, eine Eigenschaft gemein haben, nämlich die, freies Jod, Brom und Chlor chemisch zu binden. Ihre günstige Wirkung kommt demnach darauf hinaus, dass sie das bei der Belichtung frei werdende Chlor, Brom und Jod absorbiren.[1]

Mit Rücksicht auf die Forderungen der Praxis, die Lichtempfindlichkeit photographischer Praeparate möglichst zu erhöhen, zollte ich dem Studium dieser Sensibilisatoren speciellere Aufmerksamkeit. Spectralanalytische Studien führten mich hierbei auf die Vermuthung, dass nicht nur die chemischen, sondern auch die optischen Eigenschaften der Sensibilisatoren, d. h. speciell ihre Fähigkeit, Licht zu absorbiren, in den photographischen Processen eine Rolle spielen dürften.

Im Jahre 1873 machte ich photographische Studien über die Wirkung des Sonnenspectrums auf Chlor-, Brom- und Jodsilberschichten. Ich prüfte dabei auch käufliche englische sogenannte Trockenplatten, deren Schicht, zur Vermeidung von sogenannten Reflexen im Glase mit einem mir unbekannten Farbstoffe gelb gefärbt war. Diese Platten zeigten bei Aufnahme von farbigen Körpern nicht den geringsten Unterschied von gewöhnlichen photographischen Platten, sie gaben das Blau hell, das Gelb und Roth dunkel wieder.

Ganz anders war das Verhalten derselben im Sonnenspectrum. Während die Empfindlichkeit des Bromsilbers gegen das Sonnenspectrum von Blau nach Grün hin ganz allmählig abnimmt, zeigten die gedachten Platten auch eine Abnahme nach Grün hin, dann aber wieder eine Zunahme im Grün selbst (vergl. Fig. 1, I und II).

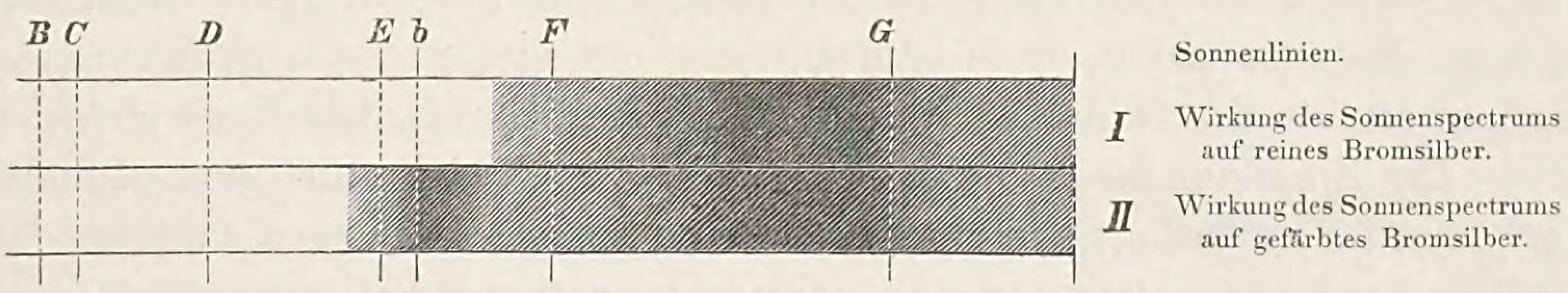


Fig. 1.

Ich kam, vom oben entwickelten Gedankengange ausgehend, sofort auf die Vermuthung, dass hier der beigemengte Farbstoff von Einfluss sei und dass die Absorption desselben für grünes Licht eine Rolle spiele. In der That zeigte eine Platte, aus welcher der gedachte Farbstoff durch Alkohol entfernt wurde, jenes abnorme Verhalten im Sonnenspectrum nicht mehr.

[1] Photogr. Mittheilungen II. 1865. S. 19.

Ich versuchte nun, ob andere Farbstoffe sich ähnlich verhielten, d. h. Bromsilber für diejenigen Strahlen empfindlich machten, welche sie absorbiren. Ich prüfte zunächst Corallin. Die verdünnte Lösung desselben giebt im Spectroskop einen Absorptionsstreif zwischen *D* und *E*, d. h. es verschluckt das gelbe und gelbgrüne Licht, dagegen wird Blau in ziemlich bedeutendem Grade hindurchgelassen. Lässt man daher das Sonnenlicht, ehe es durch das Prisma geht, durch die Corallinlösung gehen, so fehlt in dem Spectrum, welches dann erzeugt wird, das Gelb und Grün. Es erscheint dann an der Stelle, wo sonst Gelb und Grün zu sehen ist, ein dunkler Streifen: Absorptionsstreif genannt.

Ich löste nun Corallin in Alkohol und setzte davon meinem Bromcollodion zu, so dass es kräftig roth gefärbt war. Mit diesem Collodion wurden Bromsilber-Trockenplatten dargestellt, die deutlich roth gefärbt waren und die, dem Spectrum exponirt, meine Voraussetzung bestätigten, d. h. die Platten zeigten sich empfindlich im Indigo, von da nahm die Empfindlichkeit gegen Hellblau hin ab, wurde bei *F* schwach, nahm dann wieder zu und zeigte sich im Gelb fast ebenso kräftig als im Indigo. So war also ein Mittel gefunden, Bromsilberplatten zu fertigen, die von einer bisher für chemisch unwirksam gehaltenen Farbe, nämlich Gelb, ebenso kräftig afficirt wurden, als von dem Indigo, das bisher für die chemisch am kräftigsten wirkende Farbe galt.

Nach diesem Versuche durfte ich hoffen, dass irgend ein anderer Körper, der das Roth kräftig absorbirte, auch die Empfindlichkeit des Bromsilbers für Roth erhöhen würde. Solchen Körper fand ich unter den grünen Anilinfarbstoffen. Derselbe absorbirte kräftig die rothen Strahlen zwischen den Linien *D* und *C*; die Absorption erstreckte sich bei grösserer Concentration weiter nach *D* hin, Gelb, Grün und Blau gingen fast ungeschwächt hindurch. Ein mit diesem Grün gefärbtes Collodion erwies sich in der That als lichtempfindlich bis ins Roth hinein.

Die Empfindlichkeit nahm vom Indigo nach Gelb hin ganz allmähig ab, wurde im Orange fast Null, dann nahm sie wieder zu und an derselben Stelle, wo der oben gedachte Absorptionsstreif aufgetreten war, zeigte sich eine kräftige Wirkung im Roth.

Auf Grund dieser Resultate erklärte ich im Jahre 1873 (s. photogr. Mittheil. IX. Jahrg. S. 236): »Aus diesen Versuchen glaube ich mit ziemlicher Sicherheit schliessen zu dürfen, dass wir im Stande sind, Bromsilber für jede beliebige Farbe lichtempfindlich zu machen, resp. die bereits vorhandene Empfindlichkeit für gewisse Farben zu steigern; es ist nur nöthig, einen die chemische Zersetzung des Bromsilbers befördernden Stoff zuzusetzen, welcher

die betreffende Farbe verschluckt, die andern nicht. Die bisher so störende photographische Unwirksamkeit gewisser Farben dürfte dann überwunden sein.«

Ich ging aber noch einen Schritt weiter und suchte das gefundene Princip schon damals (1873) praktisch anzuwenden.[1]

»Es wurde ein blaues Band auf gelbem Grunde photographisch aufgenommen. Mit einer gewöhnlichen Jodsilber-Collodionplatte erhielt ich danach ein weisses Band auf schwarzem Grunde, Fig. 2a. Auf einer Bromsilber-Corallinplatte, wo Blau und Gelb gleich stark wirken, war voraussichtlich Nichts zu erhalten. Ich setzte daher vor das Objectiv eine gelbe Glasscheibe, welche das blaue Licht absorbirte und das gelbe ungeschwächt hindurchliess, und jetzt bekam ich in der That nach hinreichend langer Exposition ein dunkles Band auf hellem Grunde, s. Fig. 2b.«

Aufnahme eines blauen Bandes auf gelbem Grunde, *a* mit gewöhnlicher Platte, *b* mit Corallinplatte.

a *b*

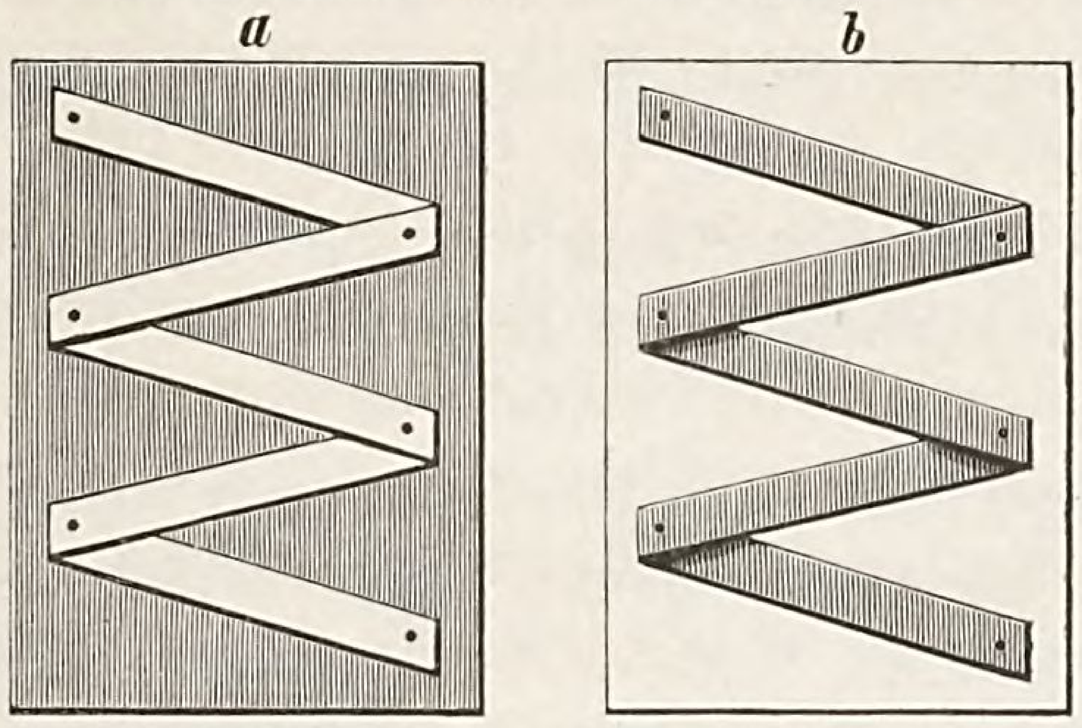


Fig. 2.

»Die Sache ist aber nicht blos technisch, sondern auch wissenschaftlich von Interesse. Bisher glaubte man, dass die Haloidsalze des Silbers nur durch die Strahlen chemisch verändert werden, welche sie in merklicher Stärke absorbiren.«

»Meine Versuche lehrten, dass bei der Lichtempfindlichkeit photographischer Platten nicht nur die Licht-Absorptionsfähigkeit der empfindlichen Silbersalze selbst, sondern auch die Licht-Absorptionsfähigkeit beigemengter Substanzen eine wichtige Rolle spielen.«

Ich experimentirte um jene Zeit meist mit Trockenplatten; die damals noch lange nicht die Vollkommenheit erreicht hatten wie heut zu Tage. Ich bemerkte auch alsbald, wie manche Farbstoffe, zu den photographischen Praeparaten gemischt, störende Nebenwirkungen durch Zersetzung der Praeparate selbst ausübten und daher erklärte ich auch 1873 in meiner a. a. O. ersten über den Gegenstand geschriebenen Abhandlung: »Freilich werden noch viele Untersuchungen nöthig sein, um dieses neu entdeckte Gebiet für die praktische Photographie auszunutzen. Das Princip aber, mit dessen Hülfe wir endlich das älteste Übel der Photographie, die falsche Wirkung der Farben, über-

[1] A. a. O. S. 236; Berichte der d. chem. Gesellsch. 1873. S. 1305.

winden können, ist gefunden und dadurch ein hoffnungsreicher Blick in die Zukunft unserer Kunst eröffnet.«

Mit dieser Verheissung fand ich aber wenig Glauben. Namhafte Forscher, wie Monckhofen, Carey Lea, Abney suchten meine Resultate als irrthümlich hinzustellen.[1] Nur die Berliner Akademie der Wissenschaften erkannte die Bedeutung derselben an und unterstützte mich zur Fortführung derselben mit erheblichen Geldmitteln behufs Beschaffung geeigneter Spectralapparate, da ich bisher genöthigt war, meine Versuche mit geliehenen Instrumenten zu machen, die mir mein Freund Hr. Dr. Zencker gütigst zur Disposition stellte.

Meine weiteren Arbeiten hatten die Erforschung der Umstände zum Ziel, unter welchen die Wirkung der Farbstoffe auf Bromsilber sich am günstigsten zeigt.

Hierbei stellten sich manche eigenthümliche Erscheinungen heraus. Auf den ersten Anblick scheint es, als müsse man durch Vermehrung des Farbenzusatzes zu der photographischen Schicht die Empfindlichkeit derselben für die absorbirten Strahlen beliebig steigern können. Das Experiment ergab aber, dass mit steigendem Farbenzusatz die Farbenempfindlichkeit nicht zunimmt, sondern sogar sinkt, und dass es oft minimale Mengen von Farbstoff sind, welche in dieser Hinsicht die günstigste Wirkung ausüben.[2]

Ferner stellte ich durch weitere Untersuchungen fest, dass keineswegs alle Farbstoffe die photographischen Praeparate für die absorbirten Strahlen empfindlich machen. So machen Indigo, Anilinblau, welche kräftig gelbes Licht absorbiren, photographische Schichten nicht gelbempfindlich. Dagegen übt das gelbabsorbirende Cyanin diese Wirkung in ausgezeichneter Weise aus.[3] Als wirksam erwiesen sich ferner zunächst Fuchsin, Naphtalinroth, Aldehydgrün und Methylviolett.

Bei allen diesen zeigte sich die Wirkung in vollkommenster Übereinstimmung mit meiner oben gegebenen Theorie: d. h. sie machten die photographische Schicht, speciell Bromsilber, für diejenigen Strahlen empfindlich, welche sie am stärksten absorbirten. Hierbei beobachtete ich

[1] Photogr. Mittheil. XI. S. 27. 97.

[2] Am auffallendsten zeigt sich dieses beim Naphtalinroth. Je 40^{cbcm} Bromcadmiumcollodium wurde mit 14, 7 und $3^1/_2$ Tropfen gesättigter Naphtalinrothlösung versetzt und mit den damit gefertigten Platten Sonnenspectren aufgenommen. Die am stärksten gefärbten Platten zeigten sich auffallend unempfindlich sowohl für Blau als auch für die schwach brechbaren Strahlen. Die Empfindlichkeit derselben stieg mit verminderter Farbenmenge und war bei $3^1/_2$ Tropfen auf 40^{cbcm} Collodium am stärksten. Noch weiter getriebene Reduction der Farbenquantität als die angegebene hatte jedoch keine weitere Empfindlichkeitssteigerung zur Folge (Poggend. Ann. 153 S. 233, ferner Berichte der D. chem. Gesellsch. 7. S. 276). Bei Fuchsin ist die Wirkung der Verdünnung viel weniger auffallend.

[3] Cyanin versuchte ich zuerst 1875 (s. Berichte der D. chem. Gesellsch. 8 S. 1635).

aber auch, dass manche Farbstoffe nicht nur die Empfindlichkeit für die von ihnen absorbirten Strahlen vermehren, sondern auch zugleich die Empfindlichkeit für die stärker brechbaren Strahlen vermindern. Sehr auffallend ist dieses beim Fuchsin. Hier ist die Empfindlichkeit des damit gefärbten Bromsilbers für Gelb entschieden grösser als die Empfindlichkeit für das sonst am stärksten wirkende Blau. Diese wieder erheblich schwächer als die Blauempfindlichkeit ungefärbten Bromsilbers.

Aber auch bei den übrigen Farbstoffen geht die Empfindlichkeitsvermehrung der absorbirten Strahlen mit einer Empfindlichkeitsverminderung der nächst gelegenen stärker brechbaren Strahlen Hand in Hand.

So ist z. B. das mit Naphtalinroth gefärbte Bromsilber für Gelbgrün bedeutend empfindlicher als gewöhnliches, für das im Spectrum benachbarte Blaugrün dagegen unempfindlicher als reines Bromsilber. Ähnliches zeigt sich bei Anwendung von Rosanilin-, Pikrat- und Aldehydgrün.[1]

Meine weiteren Untersuchungen führten zur Feststellung der Thatsache, dass alle drei Silberhaloidsalze für sich allein schon eine geringe Empfindlichkeit für die schwach brechbaren Strahlen zeigen. Dieselbe

[1] Berichte d. d. chem. Gesellsch. 7. S. 978: »Diese seltsame Erscheinung geht, wie ich 1874 a. a. O. bemerkte, parallel mit der von Kundt beschriebenen anomalen Dispersion (Pogg. Ann. 142, S. 163; 143, S. 259; 144, S. 128), welche in den Lösungen der von mir angewandten Farbstoffe factisch stattfindet, indem der Brechungsindex an der nach Roth hin gelegenen Seite des Absorptionsstreifs sehr erheblich erhöht, auf der anderen Seite erheblich vermindert wird.«

»Der Erhöhung des Brechungsindex entspricht eine Erhöhung der Empfindlichkeit und der Verminderung desselben auch eine Empfindlichkeitsverminderung, so dass chemische Lichtwirkung abhängig erscheint von der Geschwindigkeit des Lichts in den erregbaren Medien.«

Ich führe diese Stelle hier an, mit Rücksicht auf ähnliche Theorien, welche neuerdings aufgestellt worden sind (Photogr. Corresp. 1884 S. 133).

Eine andere Eigenthümlichkeit der durch Absorptionsmittel erhöhten partiellen Empfindlichkeit für Spectralfarben besteht darin, dass das Maximum der dadurch hervorgerufenen photographischen Empfindlichkeit nicht genau mit dem Absorptionsstreif zusammenfällt, sondern etwas mehr nach Roth hin liegt. So absorbirt das Naphtalinroth das Licht zwischen E und D, und zwar beginnt die Absorption bei E, steigt in der Mitte von DE rasch an und erreicht bei $E\,3/_4\,D$ ihr Maximum und verschwindet noch vor D. Das Maximum der photographischen Wirkung liegt aber bei Naphtalinrothbrom- und Chlorsilberplatten in D selbst und geht noch ein Stück darüber hinaus ins Orange. Ebenso zeigt Methylrosanilinpikrat einen Absorptionsstreif im Orange, in der Mitte zwischen d und C. Der dadurch veranlasste stärkere photographische Wirkungsstreif findet sich aber mehr nach Roth hin, dicht bei B.

Auch diese Erscheinung hat nichts Auffälliges mehr, nachdem Kundt nachgewiesen hat, dass der Absorptionsstreifen keine constante Lage hat, sondern öfter um so weiter nach dem rothen Ende des Spectrums rückt; je grösser die Dispersion des zugesetzten nicht absorbirenden Mittels ist (Poggendorff's Annalen, Jubelband, S. 615). Die oben erwähnten Absorptionsstreifen beobachtete ich in Alkohollösung, während die Absorption in den Platten in der stärker brechenden Collodionschicht vorgeht (a. a. O.).

war früher nicht bemerkt worden, weil man zu kurze Belichtungszeiten angewendet hatte. Bei langen Expositionen aber geht die Empfindlichkeit dieser Körper beim Sonnenspectrum bis ins Roth hinein,[1] ja sogar bei Bromsilber noch über dasselbe hinaus in das unsichtbare Ultraroth, so dass ich ultrarothe Linien zu photographiren vermochte.[2]

Somit wird durch Zusatz von Farbstoffen die Farbenempfindlichkeit photographischer Schichten nicht eigentlich geweckt, sondern vielmehr nur erhöht. Wie bedeutend diese Erhöhung ist, geht aus einem zehn Jahre später von mir angestellten Experiment hervor, bei welchem eine mit Eosin gefärbte Bromsilberplatte eine sechszig Mal grössere Gelbempfindlichkeit zeigte, als eine gewöhnliche.

Nun versuchte ich auch andere Schichten als Bromsilber zu färben; hierbei ergab namentlich mit Naphtalinroth gefärbtes Chlorsilber ein überraschendes Resultat. Dasselbe zeigte eine Empfindlichkeit, die fast der des menschlichen Auges entsprach, d. h. sie war am stärksten für Gelb, weniger stark für Gelbgrün und Orange, schwach für Blau und Roth.[3]

Auffallend war bei dem weiteren Verfolg dieser Versuche, dass manche Farbstoffe, welche auf Bromsilber günstig wirken, nicht immer dieselbe Wirkung beim Chlorsilber zeigen.

Das gilt im Allgemeinen für Fuchsin. Dasselbe macht Bromsilber ausgezeichnet gelbempfindlich, viel weniger aber das Chlorsilber. Naphtalinroth wirkt dagegen auf beide Salze gleich günstig. Auch auf Jodsilber wirken gedachte Farbstoffe, aber nicht in so ausgesprochenem Maasse.

Die Resultate dieser Untersuchungen kamen wesentlich der Spectralphotographie zu Gute. Nur die Nichtbeachtung der von mir eingehaltenen Vorsichtsmaassregeln führte in den Händen anderer Forscher zu den erwähnten erheblichen Misserfolgen und den darauf fussenden Zweifeln gegen meine Angaben. Der erste, der die Richtigkeit derselben durch das Experiment bewies, war Becquerel (Comptes rendus 27 Juillet 1874), er führte zugleich einen noch nicht versuchten Farbstoff ein, der meinem Princip (Empfindlichkeitssteigerung für die von ihm absorbirten Strahlen) vollständig entsprach, nämlich Chlorophyll.

Becquerel machte aber verhältnissmässig wenig Experimente. In dem Wunsche, meine Resultate auch von anderer Seite bestätigt zu sehen, veranlasste ich den Capitain Waterhouse, Chef der photographischen Abtheilung der Surveyors General Office in Calcutta, mit dem ich 1875 als Mitglied der englischen, nach den Nicobaren entsendeten Sonnenfinsterniss-Expedition zusammentraf, unter Vorzeigung der von mir

[1] Berichte der d. chem. Gesellsch. 1874 S. 546.
[2] Berichte der d. chem. Gesellsch. 1875 S. 1635.
[3] Poggendorff's Annalen 153 S. 235.

gefertigten Spectrumplatten, diese Untersuchungen aufzunehmen.[1] Die günstigere Sonne des Südens kam ihm dabei zu Statten. Ich selbst versorgte ihn mit geeigneten Farbstoffen, und so wiederholte er nicht nur meine Versuche, sondern führte dieselben auch unter Anwendung neuer noch nicht von mir versuchten Farbstoffe weiter.[2]

Diese Experimente bestätigten meine Angaben in vollstem Umfange, sie führten aber auch zu neuen Thatsachen, die für die Folge von Belang waren; so versuchte Waterhouse das ihm von mir übersandte, von Bayer erst kurz vorher entdeckte Eosin und erkannte die durch dasselbe bewirkte ausgezeichnete Gelbempfindlichkeit. Für die Praxis fand er freilich in der Anwendung desselben keinen Vortheil. Derselbe ergab sich erst in anderen Händen.

Bereits früher[3] hatte ich darauf aufmerksam gemacht, dass man aus der Empfindlichkeit einer photographischen Schicht für eine gewisse Spectralfarbe keineswegs schliessen dürfe, dass ein gleichgefärbtes Pigment stets dieselbe Wirkung ausüben werde, weil die Intensität der von farbigen Pigmenten reflectirten Strahlen und der ihnen ähnlichen farbigen Strahlen des Sonnenspectrums ganz ausserordenlich verschieden ist. Das Gelb des Sonnenspectrums ist z. B. ganz enorm intensiv, so dass die Augen den Glanz desselben gar nicht ertragen können. Mit diesem verglichen erscheint das Gelb des hellsten Pigments matt und dunkel, während der Unterschied zwischen der Helligkeit mancher blauen Pigmente und Spectrumblau viel geringer ist. So kann man ein helles Chromgelb vielleicht als 4 mal so hell ansehen, als ein helles Ultramarinblau, während das Spectrumgelb von Vierrodt als 100 mal so hell taxirt wird als die dem Ultramarin ähnlich getönte Stelle des Spectrums. Verwendet man demnach Platten, die für Spectrumgelb ebenso empfindlich sind, als für Spectrumblau, so werden diese Chromgelb gegenüber eine 25 mal geringere Wirkung zeigen, als gedachtes Ultramarin. Deshalb erklärte ich, auf mein erstes oben angeführtes Experiment zurückkommend:[4]

»Will man demnach eine Wirkung gelber Pigmente neben blauen erzielen, so muss man entweder durch passende gelbe Gläser belichten, wodurch das Blau hinreichend gedämpft wird, oder aber die Empfindlichkeit der Praeparate für Gelb noch weiter steigern.«

Mit dem Bekanntwerden von Waterhouse's Arbeiten wuchs das Vertrauen zur Sache und nunmehr fingen endlich die Praktiker an, ihr Aufmerksamkeit zu schenken.

[1] S. Berichte der d. chem. Gesellsch. 1875 S. 1636.
[2] Photogr. Mitth. XII. S. 196. 247, XIII. S. 17.
[3] Photogr. Mitth. XI. S. 99.
[4] Poggendorff's Annalen 153 S. 245.

Schon im Jahre 1865 äusserte Baron Ransonnet in Österreich die Idee, farbige Photolithographien herzustellen. Er wollte drei Aufnahmen nach demselben farbigen Gegenstande fertigen, eine durch ein rothes, eine zweite durch ein blaues, eine dritte durch ein gelbes Glas, die er nach photolithographischer Manier auf Stein zu kopiren gedachte. Das Resultat würden dann drei abdruckbare Steine sein, wo bei dem ersten nur die rothen, bei dem zweiten nur die gelben, bei dem dritten nur die blauen Strahlen gewirkt haben sollten und die dann mit zweckmässig gewählten Farben nach Art des Farbendruckes auf dasselbe Blatt über einander gedruckt Photographien in Naturfarbe liefern sollten.[1] Dasselbe Princip stellten 1869 Cros und Ducos du Hauron in Paris auf.[2]

Die praktische Durchführung desselben scheiterte aber zunächst daran, dass es keine photographische Schicht gab, welche für Gelb und Roth genügend empfindlich war. Solche liess sich nur herstellen durch Anwendung meines 1873 veröffentlichten Princips und war es das von Waterhouse versuchte Eosin, welche Cros und Ducos zur Durchführung ihrer Farbenphotographie zuerst versuchten. Ihm folgte Albert sen. Hofphotograph in München, der den Lichtdruck in das Verfahren einführte und 1876 sehr interessante Leistungen damit erzielte.

Die Aufgabe dieses Verfahrens wich aber von dem Ziel, welches ich mir gestellt, Photographien farbiger Gegenstände in den richtigen Tonwerthen in Schwarz aufzunehmen, principiell ab. Bei dem gedachten photographischen Buntdruckverfahren verlangt man eigentlich drei negative Platten, eine in welcher alle Töne gewirkt haben ausser Roth, dieses liefert die Lichtdruckplatte für Roth, eine zweite, in welcher alle Töne gewirkt haben ausser Blau, dieses liefert die Lichtdruckplatte für Blau, und endlich eine, in welcher alle Töne gewirkt haben ausser Gelb, dieses liefert die Lichtdruckplatte für Gelb.[3]

Gewisse Töne mussten also hier von der Wirkung ausgeschlossen werden, während bei Aufnahmen farbiger Körper jeder Ton seinem Helligkeitswerth entsprechend, wirken sollte.

Ducos und Albert scheiterten schliesslich in ihren Bemühungen wesentlich daran, dass die Wahl der Farben zum Drucken der drei Platten im Belieben des Druckers stand und je nach dessen individueller Anschauung mehr oder weniger erheblich von der Farbe der Natur abwichen und jedenfalls nur ausnahmsweise mit der Farbe stimmten, die,

[1] Photogr. Correspondenz VI. S. 199.

[2] Dieser wählte als Grundfarben Rothgelb, Violett und Grün.

[3] Das Princip wird sofort verständlich, wenn man an die gewöhnliche schwarze Photographie denkt. Diese verlangt ein Negativ, in welchem alle Töne gewirkt haben ausser Schwarz, und solches Negativ liefert in Schwarz copirt ein richtiges positives Bild. Detaillirteres s. Vogel Lehrbuch der Photogr. III. Aufl. S. 158.

durch die farbigen Glässer ausgeschlossen, nicht auf die empfindliche Platte gewirkt hatten.

Manche der Bilder (Aufnahme von Cretonen) wichen so stark von dem Original ab, dass keine einzige der Originalfarben in der Copie wieder zu erkennen war.

Das Aufsehen, was diese photographischen Buntdruckverfahren anfangs erregten, schwand bald; aber sie hatten das Gute, dass man über die Behandlung mit Pigmenten versetzter photographischen Schichten neue praktische Regeln gewonnen hatte.

DUCOS DU HAURON publicirte seine gewonnenen Erfahrungen.[1] Die Erfahrungen ALBERT's kamen nicht in die Öffentlichkeit, sondern gingen auf seinen Sohn Dr. E. ALBERT über (photogr. Corresp. 1884 S. 184).

Inzwischen war das Gelatinverfahren in die Welt getreten, um dem Collodiumverfahren ernste Concurrenz zu machen. Sofort machte ich Versuche, um zu erkennen, in wie weit Farbstoffe Gelatinplatten, welche eine andere viel lichtempfindlichere Modification des Bromsilbers enthalten als Collodiumplatten,[2] für schwach brechbare Strahlen empfindlich machen können. Ich experimentirte mit Fuchsin und konnte in der That constatiren, dass mein früher nur für Collodiumplatten constatirtes Princip auch hier geltend war,[3] wenn auch die Wirkung der Wirkung auf Collodiumplatten nachstand. Ein Jahr später versuchten CLAYTON und TAILFOI das von WATERHOUSE für Collodium versuchte Eosin auf Gelatinplatten und liessen sich die Anwendung desselben patentiren (in Deutschland war das Patent verweigert, da die Anwendung von Eosin in photographischen Schichten bereits bekannt war).

Nach CLAYTON's Vorgang experimentirte auch SCHUMANN 1883 mit Eosinplatten (photogr. Wochenblatt IX. S. 250). Ich selbst nahm meine dahin zielenden Versuche wieder Anfang dieses Jahres auf.

Eine spectrographische Untersuchung der Platten von CLAYTON ergab, dass dieselben für gelbe Strahlen etwa doppelt so empfindlich waren als für blaue, ihre Empfindlichkeit für Roth war dagegen nicht grösser, als die gewöhnlicher Platten. Ich erkannte nun bald, dass das Eosin in sogenannten nassen Collodiumplatten total anders als in Gelatinplatten wirkt, und wieder anders in trockenen Collodiumplatten. Es gelang mir schliesslich, nasse Collodiumplatten herzustellen, die für das Spectrumgelb zehnmal empfindlicher waren als für Spectrumblau. Ich stellte die praktischen Bedingungen fest, unter welchen diese Resultate erreicht werden

[1] Traité pratique de photographie des Couleurs par DUCOS DU HAURON frères, Paris 1878 GAUTIER VILLARS.

[2] Berichte der d. chem. Gesellsch. XVI. S. 1170.

[3] s. photogr. Mitthl. XVII. 1880 S. 15.

konnten und constatirte die erfolgreiche Anwendung dieser Platten beim Photographiren von Gemälden. Inzwischen wurde bekannt, dass BRAUN in Dornach und Dr. ALBERT in München ein geheim gehaltenes Verfahren besässen[1], um Ölgemälde in den richtigen Tonwerthen zu reproduciren, und dieser Umstand veranlasste mich, mit meinen Erfahrungen nicht zurückzuhalten.

Die ersten Proben meines Verfahrens legte ich dem Verein zur Förderung der Photographie am 18. April vor. Durch Beschluss der General-Versammlung wurde für dasselbe ein Ehrenpreis von 1000 Mark bewilligt und damit der Process, wie ich ihn praktisch durchgearbeitet hatte, der Öffentlichkeit übergeben. Im Wesentlichen ging ich bei diesem Verfahren ebenso zu Werke, als elf Jahre früher bei meinem ersten Experiment der Aufnahme eines dunkelblauen Bandes auf gelbem Grunde (s. o. S. 49). Ich stellte durch Färbung von Bromcadmiumcollodium eine grüngelbempfindliche Schicht her und schloss das auch auf solche noch zu stark wirkende blaue Licht durch gelbe Gläser aus.

Aber ich brauchte nicht trockne Collodiumschichten, wie damals, welche wesentlich weniger empfindlich waren, sondern nasse, welche eine bedeutend höhere Gelbempfindlichkeit ergaben. Empirische Versuche zeigten, dass bei diesen eine geringe Quantität von Jodsilber neben Bromsilber von Vortheil war, dass man ferner die Störungen und nachtheiligen Wirkungen, welche Eosin, ähnlich manchen anderen organischen Stoffen, auf photographische Silberlösungen ausübt, durch Anwendung zweier Silberbäder umgehen könne, und welche Reaction diese besitzen mussten, um die besten Resultate zu liefern.

Es ist nicht hier der Ort, in die Details dieses farbenempfindlichen Collodiumverfahrens einzutreten, dasselbe ist in Fachzeitschriften[2] ausführlich beschrieben und jetzt Gemeingut Aller. Es wird bereits in grossen Anstalten (u. A. der photographischen Gesellschaft in Berlin, HANNFSTAENGL in München) ausgeübt.

Dasselbe setzt allerdings grosse Vorsichtsmaassregeln voraus, zumal constatirt ist, dass die gesammte Empfindlichkeit der Platten durch den Farbenzusatz stets beeinträchtigt wird und lange Expositionen nöthig sind, um Ölgemälde u. dergl. aufzunehmen. Diese Schwierigkeiten können

[1] Dr. ALBERT hat erklärt, dasselbe beruhe auf dem photo-chromischen Verfahren seines Vaters d. h. auf Anwendung eines nach meinem 1873 entdeckten Principe gefärbten Collodiums (Photograph. Corresp. Nr. 280 S. 184). — Von BRAUN's Verfahren ist nichts Näheres bekannt. Eine mir von Hrn. Geheimrath BUSSE, Director der Kaiserlichen Reichsdruckerei, übergebene, von BRAUN aufgenommene Platte ergab aber bei der Untersuchung einen Eosingehalt; dadurch ist das Verfahren hinreichend gekennzeichnet.

[2] Photogr. Mittheilungen Maiheft I und II 1884.

freilich umgangen werden, sobald man Sonnenlicht oder sehr starkes elektrisches Licht, wie Dr. Albert es thut,[1] zur Aufnahme anwendet. Sonnenlicht gestattet eine zehnmal kürzere Expositionszeit.

Diese Lichtquelle steht aber nicht immer zur Disposition, und elektrisches Licht ist nicht in Jedermanns Händen.

In sofern versuchte ich, wiederum die lichtempfindlichen Gelatineplatten für die Aufnahme farbiger Körper geeignet zu machen, d. h. sie roth und gelbempfindlich zu stimmen.

So einfach die Sache erschien, so ergaben sich auch hier Schwierigkeiten. Es zeigte sich, dass die Qualität der Gelatin-Emulsion von sehr erheblichem Einfluss auf die Farbenempfindlichkeit war. Ferner zeigte sich auch hier eine auffallende Verschiedenheit der Wirkung eines und desselben Farbstoffes bei Collodium- und Gelatineplatten. So macht Methylviolett die ersteren sehr stark, die letzteren dagegen nur wenig orangeemfindlich.

Ferner zeigten die Platten im nassen Zustande eine ganz erheblich stärkere Wirkung als wie im trocknen.[2]

Glücklicher Weise stand ich mit diesen Versuchen nicht allein. Meine Publication über das farbenempfindliche Collodiumverfahren veranlasste zahlreiche andere Forscher zu Versuchen in gleicher Richtung.

Dr. Lohse, Observator der Sonnenwarte in Potsdam, empfahl den Curcumefarbstoff, Eder in Wien Chlorbromgelatine-Platten gefärbt mit Eosin.

Noch sind diese Versuche nicht abgeschlossen, aber zu einem praktischen Resultat haben sie bereits geführt; ein Farbstoff, das Azalin, über den ich weitere Mittheilungen mir noch vorbehalte, gab, zur Färbung von Gelatinplatten von mir versucht, ausgezeichnete Resultate, indem er die Empfindlichkeit nicht nur für Gelb sondern auch für Roth erhöhte und die für Blau erheblich herabstimmte. Azalingelatin-Trockenplatten sind neben Eosinplatten bereits Handelsproducte; sie ermöglichen für Jeden mit leichtester Mühe und ohne kostspielige Vorrichtungen die Aufnahme farbiger Körper in den richtigen Tonverhältnissen. Somit hat sich die Hoffnung, die ich vor eilf Jahren an meine erste Beobachtung knüpfte (s. o. S. 49), in reichstem Maasse erfüllt.

[1] s. photogr. Corresp. Juliheft I. a. a. O.

[2] Auf zahlreiche andere eigenthümliche Erscheinungen habe ich im Jahrg. XVII der chem. Berichte S. 1197 aufmerksam gemacht.

Berlin, den 1. August 1884.

Bemerkungen zu der Tafel.

Die zu diesem Artikel gehörige Tafel enthält ein Farbendruckbild, welches einerseits mit gewöhnlicher photographischer Platte, andererseits mit farbenempfindlicher Platte aufgenommen wurde. Beide Aufnahmen, im Lichtdruck von J. B. Obernetter in München vervielfältigt, sind mit dem Original auf derselben Tafel vereinigt.

Ihre Vergleichung ergiebt die Vorzüge der farbenempfindlichen Platte sofort, nicht nur in Bezug auf die richtigere Wiedergabe der Farben, sondern auch in Bezug auf die Freiheit von dem, bei der gewöhnlichen Photographie so störenden sogenannten Korn.[1]

Man erkennt die correctere Wiedergabe der Farbenwerthe in der zweiten Aufnahme leicht, wenn man den im Original blauen Divan und das gelbe Kleid in beiden Aufnahmen mit einander vergleicht. Nicht minder deutlich ist der Unterschied bei dem violetten Kleide und den blauen Feldern des Teppichs, ferner bei der Gardine links, bei welcher in der ersten Aufnahme auch das Korn in sehr störender Weise hervortritt.

[1] Die Ursache dieses Vorzugs farbenempfindlicher Platten liegt darin, dass die Schatten des Papierkorns nur von dem gelblichen Reflexlicht des Ateliers erleuchtet werden; dieses wirkt auf gewöhnliche Platten wie Schwarz und daher markirt es sich hier sehr intensiv, auf farbenempfindlichen Platten aber wirkt dieses gelbe Reflexlicht des Ateliers wie Weiss, und daher werden die Schatten nicht dunkel, sondern hell und verschwinden somit (s. photogr. Mittheil. Maiheft 1884 S. 45).

Tafel zu der Abhandlung:

Über die Photographie farbiger Gegenstände in den richtigen Tonverhältnissen.

Von H. W. Vogel.



Farbiges Original zu den untenstehenden photographischen Aufnahmen.



1. Aufnahme mit dem gewöhnlichen photographischen Verfahren.



2. Aufnahme mit dem neuen farbenempfindlichen Verfahren.

Erläuterungen zu dieser Tafel siehe S. 58.

Zur Theorie der Modular-Gleichungen.

Von H. Weber.

I.

Die Theorie der elliptischen und doppelt periodischen Functionen gründet sich am einfachsten auf die Theorie der Theta-Functionen. Man definirt zu diesem Zweck eine Theta-Function $\Theta^{(m)}_{g,h}(u, \omega)$ von der Charakteristik g, h und der Ordnung m als eine Function der Variablen u und des Moduls ω so, dass sie eine endliche und stetige Function des Arguments u sein soll, welche die beiden Eigenschaften hat:

$$(1)\qquad \begin{aligned} \Theta(u+1) &= (-1)^g\,\Theta(u) \\ \Theta(u+\omega) &= (-1)^h\, e^{-\pi i m(2u+\omega)}\,\Theta(u). \end{aligned}$$

Die Zahlen g, h sind nach dem Modul 2 zu nehmen. Man kann leicht auf verschiedenen Wegen beweisen, dass, wenn ω einen positiven imaginären Bestandtheil hat, für jede der vier Charakteristiken m und nicht mehr linear unabhängige Functionen dieser Art bestehen, und dieser Satz führt nun mit der grössten Leichtigkeit in die mannigfaltigen Beziehungen ein, welche zwischen den Theta-Functionen bestehen. Man erhält so zunächst für $m = 1$ die vier Grundfunctionen erster Ordnung:

$$(2)\qquad \vartheta_{g,h}(u, \omega) = (-i)^{gh} \sum_{-\infty,\infty}^{n} (-1)^{hn}\, e^{\pi i \omega\left(n+\frac{g}{2}\right)^2 + 2\pi i u\left(n+\frac{g}{2}\right)},$$

für welche die Formeln hier angeführt seien:

$$(3)\qquad \begin{aligned} &\vartheta_{g,h}\left(u + \frac{h' + g'\omega}{2}\right) = (-1)^{gh'}\, i^{g'(h+h')}\, e^{-\frac{\pi i \omega g'^2}{4} - \pi i u g'}\, \vartheta_{g+g', h+h'}(u) \\ &\vartheta_{g+2,h}(u) = \vartheta_{g,h}(u)\,;\ \vartheta_{g,h+2}(u) = (-1)^g\, \vartheta_{g,h}(u) \\ &\vartheta_{g,h}(-u) = (-1)^{gh}\, \vartheta_{g,h}(u). \end{aligned}$$

Aus dem erwähnten Fundamentaltheorem, in Verbindung mit (3) leitet man leicht die Formeln für die lineare Transformation her. Es seien $\alpha, \beta, \gamma, \delta$ vier der Bedingung

$$(4)\qquad \alpha\delta - \beta\gamma = 1$$

genügende ganze Zahlen; ferner

$$(5)\qquad \omega_1 = \frac{\gamma + \delta\omega}{\alpha + \beta\omega}\,;\quad u_1 = (\delta - \beta\omega_1)\,u\,;\quad u = (\alpha + \beta\omega)\,u_1\,,$$

dann ist

$$(6)\qquad \begin{aligned}
e^{-\pi i\beta u u_1}\,\vartheta_{11}(u_1, \omega_1) &= A\vartheta_{11}(u, \omega)\\
e^{-\pi i\beta u u_1}\,\vartheta_{10}(u_1, \omega_1) &= i^{\beta} e^{-\frac{\pi i}{4}\alpha\beta} A\vartheta_{1+\beta,\,1-\alpha}(u, \omega)\\
e^{-\pi i\beta u u_1}\,\vartheta_{01}(u_1, \omega_1) &= i^{\delta-1} e^{-\frac{\pi i}{4}\gamma\delta} A\vartheta_{1+\delta,\,1-\gamma}(u, \omega)\\
e^{-\pi i\beta u u_1}\,\vartheta_{00}(u_1, \omega_1) &= i^{\delta+\beta-\alpha\delta} e^{-\frac{\pi i}{4}(\alpha\beta+\gamma\delta)} A\vartheta_{1+\beta+\delta,\,1-\alpha-\gamma}(u, \omega),
\end{aligned}$$

worin A von u unabhängig ist, und nach dem Vorgang von HERMITE[1] bestimmt werden kann. Von dem Werthe dieser Grösse A werden wir keinen Gebrauch machen. Man hat sechs Arten der linearen Transformation zu unterscheiden, nach dem Verhalten der vier Zahlen $\alpha, \beta, \gamma, \delta$ gegen den Modul 2, die wir so bezeichnen:

$$(7)\qquad \begin{pmatrix}\alpha, \beta\\ \gamma, \delta\end{pmatrix} = \begin{pmatrix}1, 0\\ 0, 1\end{pmatrix}, \begin{pmatrix}0, 1\\ 1, 0\end{pmatrix}, \begin{pmatrix}1, 1\\ 0, 1\end{pmatrix}, \begin{pmatrix}1, 1\\ 1, 0\end{pmatrix}, \begin{pmatrix}1\ 0\\ 1\ 1\end{pmatrix}, \begin{pmatrix}0, 1\\ 1, 1\end{pmatrix},$$

von denen die erste allein die Eigenschaft hat, die sämmtlichen Charakteristiken ungeändert zu lassen. HERMITE hat in die Transformationstheorie drei Functionen von ω eingeführt, welche durch die Reihenquotienten definirt werden können:

$$(8)\qquad \begin{aligned}
\phi(\omega) &= \sqrt{2}\, q^{\frac{1}{8}} \frac{\Sigma q^{2n^2+n}}{\Sigma q^{n^2}}\\
\psi(\omega) &= \frac{\Sigma (-1)^n q^{2n^2}}{\Sigma q^{n^2}}\\
\chi(\omega) &= \sqrt[6]{2}\, q^{\frac{1}{24}} \frac{\Sigma (-1)^n q^{3n^2+n}}{\Sigma (-1)^{\frac{n\cdot\overline{n+1}}{2}} q^{\frac{3n^2+n}{2}}},
\end{aligned}$$

wenn $q = e^{\pi i\omega}$ gesetzt ist, welche mit den ϑ-Functionen in folgender Weise zusammenhängen:

$$(9)\qquad \begin{aligned}
&\phi(\omega)^2 = \frac{\vartheta_{10}}{\vartheta_{00}}\,;\quad \psi(\omega)^2 = \frac{\vartheta_{01}}{\vartheta_{00}}\\
&\chi(\omega)^3 = \phi(\omega)\psi(\omega)\,;\quad \phi(\omega)^8 + \psi(\omega)^8 = 1.
\end{aligned}$$

Für die einfachsten Fälle der linearen Transformation ergiebt sich, wie man leicht aus der Annahme eines rein imaginären ω erkennt:

[1] Journal de LIOUVILLE 2. série, tome III.

$$\phi\left(-\frac{1}{\omega}\right)=\psi(\omega)\;;\;\chi\left(-\frac{1}{\omega}\right)=\chi(\omega)$$

$$(10)\qquad \phi(\omega+1)=e^{\frac{\pi i}{8}}\frac{\phi(\omega)}{\psi(\omega)}\;;\;\psi(\omega+1)=\frac{1}{\psi(\omega)}$$

$$\chi(\omega+1)=e^{\frac{\pi i}{24}}\frac{\chi(\omega)}{\psi(\omega)}\;;\;\chi(\omega+2)=e^{\frac{\pi i}{12}}\chi(\omega).$$

Hermite hat die vollständigen Formeln für die lineare Transformation dieser drei Functionen angegeben; für die beiden ersten ist der Beweis dafür von Königsberger[1] gegeben, und vollständig dann von Schläfli.[2] Vielleicht bietet auch der folgende einfache Weg zu diesen Formeln noch einiges Interesse, wobei wir uns auf den ersten der Fälle (7) beschränken, aus welchem die entsprechenden Formeln für die übrigen Fälle durch Anwendung von (10) sehr leicht folgen.

Aus den Formeln (6) folgt zunächst:

$$\phi\left(\frac{\gamma+\delta\omega}{\alpha+\beta\omega}\right)=\pm\, e^{\frac{\pi i}{8}\gamma\delta}\,\phi(\omega),$$

worin nur noch das von den Zahlen $\alpha, \beta, \gamma, \delta$ abhängige Vorzeichen zu bestimmen ist. Wir bezeichnen dieses Vorzeichen mit

$$(-1)^{\frac{\delta^2-1}{8}}\,E(\alpha, \beta, \gamma, \delta),$$

so dass man erhält:

$$\phi\left(\frac{\gamma+\delta\omega}{\alpha+\beta\omega}\right)=E(\alpha, \beta, \gamma, \delta)\,(-1)^{\frac{\delta^2-1}{8}}\,e^{\frac{\pi i\gamma\delta}{8}}\,\phi(\omega)$$

und wenn man ω in $-1:\omega$ verwandelt, und (10) anwendet:

$$\psi\left(\frac{-\alpha\omega+\beta}{\gamma\omega-\delta}\right)=E(\alpha, \beta, \gamma, \delta)\,(-1)^{\frac{\delta^2-1}{8}}\,e^{\frac{\pi i\gamma\delta}{8}}\,\psi(\omega).$$

Ersetzt man in der ersten dieser Formeln γ, δ durch $\gamma+2h\alpha$, $\delta+2h\beta$, in der zweiten α, β durch $\alpha+2k\gamma$, $\beta+2k\delta$, worin h und k beliebige ganze Zahlen sind, so folgt aus (10)

$$\begin{aligned}E(\alpha, \beta, \gamma, \delta) &= E(\alpha, \beta, \gamma+2h\alpha, \delta+2h\beta)\\ &= E(\alpha+2k\gamma, \beta+2k\delta, \gamma, \delta).\end{aligned}$$

Diese beiden Formeln kann man nun, so lange β von Null verschieden ist, abwechselnd anwenden, um δ absolut kleiner als β und β absolut kleiner als δ zu machen, und gelangt so zu

[1] Mathematische Annalen Bd. III. und in den »Vorlesungen über elliptische Functionen«.

[2] Borchardt's Journal Bd. 72.

$$E(\alpha, \beta, \gamma, \delta) = E(\pm 1, 0, \gamma, \pm 1) = 1.$$

Die beiden hierdurch erwiesenen Formeln

$$(11) \qquad \begin{aligned} \phi\left(\frac{\gamma+\delta\omega}{\alpha+\beta\omega}\right) &= \left(\frac{2}{\delta}\right) e^{\frac{\pi i}{8}\gamma\delta}\, \phi(\omega) \\ \psi\left(\frac{\gamma+\delta\omega}{\alpha+\beta\omega}\right) &= \left(\frac{2}{\alpha}\right) e^{-\frac{\pi i}{8}\alpha\beta}\, \psi(\omega) \end{aligned}$$

ergeben nun für die Function $\chi(\omega)$ zunächst:

$$\chi\left(\frac{\gamma+\delta\omega}{\alpha+\beta\omega}\right) = \rho\left(\frac{2}{\alpha\delta}\right) e^{-\frac{3\pi i}{8}(\alpha\beta-\gamma\delta)}\, \chi(\omega),$$

worin

$$\rho = R(\alpha, \beta, \gamma, \delta)$$

eine dritte Einheitswurzel ist, welche den Bedingungen genügt:

$$\begin{aligned} R(\alpha, \beta, \gamma + 2h\alpha, \delta + 2h\beta) &= e^{-\frac{2\pi i h}{3}} R(\alpha, \beta, \gamma, \delta) \\ R(\alpha + 2k\gamma, \beta + 2k\delta, \gamma, \delta) &= e^{\frac{2\pi i k}{3}} R(\alpha, \beta, \gamma, \delta) \\ R(-\delta, \gamma, \beta, -\alpha) &= R(\alpha, \beta, \gamma, \delta). \end{aligned}$$

Denselben Bedingungen genügt aber

$$e^{\frac{2i\pi}{3}(\alpha\beta + \alpha\gamma + \beta\delta - \alpha\beta^2\gamma)}$$

und wie oben findet man, dass ρ gleich dieser Grösse sein muss.

II.

Aufgabe der Transformationstheorie ist es, die Grössen

$$(1) \qquad \phi\left(\frac{c+d\omega}{a+b\omega}\right),$$

worin a, b, c, d ganze Zahlen ohne gemeinsamen Theiler sind, und

$$(2) \qquad ad - bc = n$$

eine positive ungerade Zahl ist, algebraisch durch $\phi(\omega)$ auszudrücken. Die unendlich vielen Functionen (1) lassen sich durch lineare Transformation zurückführen auf eine endliche Zahl ν solcher Ausdrücke

$$(3) \qquad \phi\left(\frac{c+d\omega}{a}\right),$$

worin $ad = n$, c relativ prim zum grössten gemeinsamen Theiler e von a, d ist, $< 16a$ und durch 16 theilbar angenommen werden kann, wodurch

die Formeln vereinfacht werden. Die Anzahl ν dieser Grössen bestimmt sich, wenn p die sämmtlichen von einander verschiedenen in n aufgehenden Primzahlen sind, durch die Formel:

$$\nu = n\Pi\left(1 + \frac{1}{p}\right). \tag{4}$$

Die Grössen (3) lassen sich als Wurzeln einer algebraischen Gleichung ν^{ten} Grades, der **Modulargleichung**, bestimmen, deren Existenz man am einfachsten daraus erkennt, dass die ν Functionen

$$\left(\frac{2}{d}\right)\frac{\phi\left(\frac{c+d\omega}{a}\right)}{\phi(\omega)^n} \tag{5}$$

durch Anwendung der beiden linearen Transformationen der ersten Art:

$$\frac{\omega}{1+2\omega}\,,\quad \omega+2\,,$$

aus welchen sich alle übrigen der gleichen Art zusammensetzen lassen, nur ineinander übergehen, so dass die symmetrischen Functionen derselben ungeändert bleiben und daher rational durch $k^2 = \phi(\omega)^8$ ausdrückbar sind.

Die gleiche Eigenschaft haben die Grössen

$$\left(\frac{2}{a}\right)\frac{\psi\left(\frac{c+d\omega}{a}\right)}{\psi(\omega)^n} \tag{6}$$

und, wenn n nicht durch 3 theilbar und

$$c \equiv 0 \pmod{48}$$

angenommen ist, die Grössen

$$\frac{\chi\left(\frac{c+d\omega}{a}\right)}{\chi(\omega)^n}, \tag{7}$$

worauf zuerst SCHLÄFLI aufmerksam gemacht hat. Dass diese Gleichungen irreductibel sind in dem Körper der rationalen Functionen von $\phi(\omega)$ [resp. $\psi(\omega)$ und $\chi(\omega)$], ergiebt sich leicht daraus, dass man durch Anwendung von linearen Transformationen erster Art irgend eine der Functionen (5) resp. (6), (7) z. B. $\phi(n\omega)$; $\psi(n\omega)$; $\chi(n\omega)$, in jede andere überführen kann.

Auf diesem Wege erkennt man freilich zunächst nur, dass die algebraischen Gleichungen, deren Wurzeln die Grössen

$$\left(\frac{2}{d}\right)\phi\left(\frac{c+d\omega}{a}\right)\;;\quad \left(\frac{2}{a}\right)\psi\left(\frac{c+d\omega}{a}\right)\,,\quad \chi\left(\frac{c+d\omega}{a}\right)$$

sind, die Modular-Gleichungen, rational von $\varphi(\omega)$, [resp. $\psi(\omega), \chi(\omega)$] abhängen. Über die Natur der Zahlencoefficienten erfährt man dabei zunächst noch nichts. Der Zweck der folgenden Zeilen ist es nun, eine merkwürdige und wichtige Eigenschaft dieser Zahlencoefficienten, die sich aus den bekannten Beispielen leicht durch Induction ergiebt, allgemein zu beweisen, und der Weg dazu ist das alte Jacobi'sche von dem älteren Sohncke in ausgedehntem Maasse angewandte Verfahren der Coefficientenbestimmung mittelst der Reihenentwickelungen.

Ich schicke einige allgemeine Bemerkungen über die Modulargleichung voraus.

1. Es seien

$$(8)\qquad \begin{aligned} \Phi\big(t, \varphi(\omega)\big) &= t^\nu + c_1 t^{\nu-1} + \ldots + c_\nu \\ \Psi\big(t, \psi(\omega)\big) &= t^\nu + c_1' t^{\nu-1} + \ldots + c_\nu' \end{aligned}$$

diejenigen ganzen rationalen Functionen ν^{ten} Grades von t, deren Wurzeln resp.

$$(9)\qquad \left(\frac{2}{d}\right)\varphi\left(\frac{c + d\omega}{a}\right),$$

$$(10)\qquad \left(\frac{2}{a}\right)\psi\left(\frac{c + d\omega}{a}\right)$$

sind, und

$$(11)\qquad c_s = f_s\big(\varphi(\omega)\big) \qquad c_s' = f_s'\big(\psi(\omega)\big)$$

rationale Functionen von φ resp. ψ.

Es folgt aber, wenn man in der identischen Gleichung

$$\Phi\left(\varphi\left(\frac{\omega}{n}\right), \varphi(\omega)\right) = 0$$

ω durch $-1:\omega$ ersetzt

$$\Phi\big(\psi(n\omega), \psi(\omega)\big) = 0,$$

und da $\psi(n\omega)$ zu den Grössen (10) gehört:

$$\Phi\big(t, \psi(\omega)\big) = \Psi\big(t, \psi(\omega)\big)$$

d. h.

$$c_s = f_s\big(\varphi(\omega)\big) \qquad c_s' = f_s\big(\psi(\omega)\big).$$

Hieraus lässt sich leicht nachweisen, dass die Coefficienten c_s ganze Functionen von φ sind. Denn für jeden von $0, 1, \infty$ verschiedenen Werth von $k^2 = \varphi(\omega)^8$ hat ω einen bestimmten endlichen Werth mit positiv imaginärem Bestandtheil; und folglich haben die sämmtlichen Functionen (9), (10) endliche Werthe. Für $k^2 = 0$ kann man $\omega = i\infty$ annehmen und dann werden

$$\left(\frac{2}{d}\right)\phi\left(\frac{c+d\omega}{a}\right)=0\,;\quad \left(\frac{2}{a}\right)\psi\left(\frac{c+d\omega}{a}\right)=\left(\frac{2}{a}\right),$$

bleiben also gleichfalls endlich. Hieraus folgt, dass die Coefficienten c_s, c'_s keinen anderen Nenner haben können als allenfalls eine Potenz von $\psi(\omega)$. Da aber c'_s aus c_s hervorgeht durch Vertauschung von ϕ mit ψ, so kann überhaupt kein Nenner vorhanden sein.

2. Wenn man in der identischen Gleichung

$$\Phi\left(\left(\frac{2}{n}\right)\phi(n\omega)\,,\ \phi(\omega)\right)=0$$

ω durch $\omega+2$ ersetzt, so findet sich, dass die ganzen rationalen Functionen c_s die Form haben:

$$c_s=\phi^{ns}f_s(\phi^8),$$

worin f_s eine rationale (ganze oder gebrochene) Function bedeutet.

3. Wenn man in der identischen Gleichung

$$\Phi\left(\phi\left(\frac{\omega}{n}\right),\phi(\omega)\right)=0$$

ω durch $n\omega$ ersetzt, so folgt:

$$\Phi(\phi(\omega)\,,\ \phi(n\omega))=0,$$

und da

$$\left(\frac{2}{n}\right)\phi(n\omega)$$

zu den Wurzeln der Modulargleichung gehört, so muss

$$\Phi\left(u,\left(\frac{2}{n}\right)v\right)$$

durch $\Phi(v\,,u)$ theilbar sein, wenn $u\,,v$ unabhängige Variable sind. Ist also

$$\Phi\left(u,\left(\frac{2}{n}\right)v\right)=C(u\,,v)\,\Phi(v\,,u)\,,$$

so ist $C(u\,,v)$ eine ganze Function von $u\,,v$. Vertauscht man aber in der letzteren identischen Gleichung $u\,,\left(\frac{2}{n}\right)v$ mit $v\,,u$, so folgt:

$$\Phi(v\,,u)=C\left(v,\left(\frac{2}{n}\right)u\right)\Phi\left(\left(\frac{2}{n}\right)u\,,v\right)$$

also:

$$\Phi\left(u,\left(\frac{2}{n}\right)v\right)=C(u\,,v)\,C\left(v,\left(\frac{2}{n}\right)u\right)\Phi\left(\left(\frac{2}{n}\right)u\,,v\right),$$

woraus hervorgeht, dass

$$C(u, v) \quad C\left(u, \left(\frac{2}{n}\right) v\right)$$

und mithin $C(u, v)$ selbst eine Constante ist. Aus der Vergleichung der höchsten Potenzen von u auf beiden Seiten der letzten Gleichung ergiebt sich noch

$$C = \pm 1 .$$

Es bleibt also die Function $\Phi(v, u)$ bis auf das Zeichen ungeändert, wenn v, u mit $u, \left(\frac{2}{n}\right) v$ oder mit $\left(\frac{2}{n}\right) u, v$ vertauscht wird, und folglich ist $\Phi(v, u)$ auch in Bezug auf u vom Grade ν und das von v unabhängige Glied ist

$$\pm u^{\nu} = C u^{\nu} .$$

Es sind daher auch alle Glieder der Function $\Phi(v, u)$ mit Ausnahme der beiden v^{ν}, Cu^{ν} durch uv theilbar.

Um das Vorzeichen C zu bestimmen berücksichtige man, dass für $u = \phi(\omega)$

$$C u^{\nu} = \Pi \left(\frac{2}{d}\right) \phi\left(\frac{c + d\omega}{a}\right)$$

also auch

$$C u^{n\nu} = \Pi \left(\frac{2}{d}\right) \phi\left(\frac{c + d\omega}{a}\right)^{n}$$

wird, und indem man $\omega = i\infty$ setzt:

$$C = \Pi \left(\frac{2}{d}\right). \tag{12}$$

In diesem Product ist jeder Factor so oft zu nehmen, als es Werthe von c giebt, die zu dem betreffenden d gehören, nämlich das $a : e$-fache der Zahl, welche angiebt, wie viele Zahlen kleiner als e und relativ prim zu e sind. Diese Zahl ist aber stets gerade, ausser wenn $e = 1$ ist. Es genügt daher, das Product (12) auf diejenigen Divisoren d von n auszudehnen, welche relativ prim zu $n : d$ sind. Da zu jedem solchen Divisor d ein ihn zu n ergänzender gehört, so ist, wenn λ die Anzahl aller dieser Divisoren bedeutet

$$C = \left(\frac{2}{n}\right)^{\frac{1}{2}\lambda}.$$

Wenn aber k die Anzahl der von einander verschiedenen in n aufgehenden Primzahlen bedeutet, so ist $\lambda = 2^k$ und mithin

$$C = +1 \quad \text{wenn } k > 1$$

$$C = \left(\frac{2}{n}\right) \quad \text{wenn } n \text{ eine Potenz einer Primzahl ist.}$$

4. Ersetzt man in der identischen Gleichung

$$\Phi\left(\phi\left(\frac{\omega}{n}\right), \phi(\omega)\right) = 0$$

ω durch $\omega : 1 - \omega$, so ergiebt sich

$$\Phi\left(\frac{1}{\phi\left(\frac{\omega}{n}\right)}, \frac{1}{\phi(\omega)}\right) = 0$$

und daraus folgt, wenn C dieselbe Bedeutung hat wie in 3, und v, u unbestimmte Grössen sind:

$$u^\nu v^\nu \Phi\left(\frac{1}{u}, \frac{1}{v}\right) = C\Phi(u, v).$$

III.

Da die Transformation für einen beliebigen zusammengesetzten Transformationsgrad durch successive Ausführung solcher Transformationen, deren Grad eine Primzahl ist, ausgeführt werden kann, so kann auch die allgemeine Modulargleichung durch successive Adjunction der Wurzeln solcher Modulargleichungen gelöst werden, deren Transformationsgrad eine Primzahl ist. Sind ν, ν' die Grade der Modulargleichungen, die zu den Transformationsgraden n, n' gehören, so ist, falls n, n' relativ prim sind, $\nu\nu'$ der Grad der zu nn' gehörigen Modulargleichung.

Ist

$$(1) \qquad \Phi_n(v, u) = 0$$

die Modulargleichung für den Transformationsgrad n und sind $v_1, v_2, \ldots v_\nu$ die Wurzeln derselben, so ist das Product

$$\Phi_{n'}(v, v_1)\, \Phi_{n'}(v, v_2) \ldots \Phi_{n'}(v, v_\nu)$$

vom Grade $\nu\nu'$ in Bezug auf v, und die Coefficienten desselben sind rational durch u ausdrückbar, da dieselben symmetrische Functionen der Wurzeln von (1) sind. Zugleich verschwindet dies Product für

$$u = \phi(\omega), \quad v = \phi\left(\frac{\omega}{nn'}\right)$$

und daraus ergiebt sich

$$(2) \qquad \Phi_{nn'}(v, u) = \Phi_{n'}(v, v_1)\, \Phi_{n'}(v, v_2) \ldots \Phi_{n'}(v, v_\nu).$$

Durch wiederholte Anwendung dieser Zerlegung kann man also die allgemeine Modulargleichung auf solche zurückführen, die zu einer Primzahlpotenz gehören. Ist aber $n = p^\pi$ eine Potenz einer ungeraden Primzahl und hat

$$\Phi_{p^{\pi-1}}(v, u) = 0$$

die Wurzeln $v_1, v_2, \ldots v_\nu$; $\nu = p^{\pi-2}(p+1)$, so verschwindet das Product

$$(3) \qquad P = \Phi_p(v, v_1)\,\Phi_p(v, v_2) \ldots \Phi_p(v, v_\nu),$$

welches eine ganze rationale Function des Grades $p^{\pi-2}(p+1)^2$ von v mit in u rationalen Coefficienten ist, für

$$u = \phi(\omega)\ ;\ v_1 = \phi\left(\frac{\omega}{p^{\pi-1}}\right),\quad v = \phi\left(\frac{\omega}{p^\pi}\right)$$

und ist also theilbar durch

$$\Phi_{p^\pi}(v, u).$$

Ist ferner

$$(4) \qquad u = \phi(\omega),\quad v_1 = \frac{p^{\pi-2}c + \omega}{p^{\pi-1}},$$

so verschwindet $\Phi_p(v, v_1)$ auch für

$$v = \left(\frac{2}{p}\right)\phi\left(\frac{\omega}{p^{\pi-2}}\right)$$

und da c in (4) p verschiedene Werthe haben kann, so ist P theilbar durch

$$\left(\Phi_{p^{\pi-2}}\left(\left(\frac{2}{p}\right)v, u\right)\right)^p.$$

Die Vergleichung der Grade giebt alsdann:

$$(5) \qquad \Phi_{p^\pi}(v, u) = \frac{\Phi_p(v, v_1)\,\Phi_p(v, v_2) \ldots \Phi_p(v, v_\nu)}{\left(\Phi_{p^{\pi-2}}\left(\left(\frac{2}{p}\right)v, u\right)\right)^p}.$$

Damit diese Gleichung auch noch für $\pi = 2$ gültig bleibe, muss

$$\Phi_{p^0}(v, u) = v - \left(\frac{2}{p}\right)u$$

angenommen werden.

Setzen wir als bewiesen voraus, dass falls der Transformationsgrad eine Primzahl ist, die Modulargleichung ganzzahlige Zahlcoefficienten hat, so ergiebt sich aus diesen Sätzen die gleiche Eigenschaft für alle Modulargleichungen, die zu ungeraden Transformationsgraden gehören. Wir setzen für das Folgende also voraus, dass der Transformationsgrad eine Primzahl sei.

IV.

Um nun über die Natur der Zahlcoefficienten der Modulargleichung Aufschluss zu erhalten, beachte man, das die Function $\phi(\omega)$ durch eine Reihe von folgender Form darstellbar ist:

$$(1) \qquad \frac{\phi(\omega)}{\sqrt{2}} = q^{\frac{1}{8}}(1 + a_1 q + a_2 q^2 + \ldots),$$

worin die Coefficienten $a_1, a_2 \ldots$ ganze Zahlen sind. Nach dem FERMAT-schen Satze ($a^p \equiv a$ mod. p) ist daher, wenn die α wieder ganze Zahlen sind,

$$(2) \qquad \frac{\phi(\omega)^p}{\sqrt{2^p}} = q^{\frac{p}{8}}(1 + a_1 q^p + a_2 q^{2p} + \ldots) + pq^{\frac{p}{8}} \sum_{1,\infty}^{h} \alpha_h q^h$$

und ferner ist

$$(3) \qquad \frac{\phi(p\omega)}{\sqrt{2}} = q^{\frac{p}{8}}(1 + a_1 q^p + a_2 q^{2p} + \ldots).$$

Setzt man also

$$\phi(\omega) = u, \quad \left(\frac{2}{p}\right)\phi(p\omega) = v,$$

so folgt hieraus

$$\frac{u^p}{\sqrt{2^p}} - \left(\frac{2}{p}\right)\frac{v}{\sqrt{2}} = pq^{\frac{p}{8}} \sum_{1,\infty}^{h} \alpha_h q^h$$

und

$$(4) \qquad \left(\frac{u^p}{\sqrt{2^p}} - \left(\frac{2}{p}\right)\frac{v}{\sqrt{2}}\right)\left(\frac{u}{\sqrt{2}} - \frac{v^p}{\sqrt{2^p}}\right) = pq^{\frac{1}{8}} \sum_{1,\infty}^{h} \beta_h q^h,$$

worin die β_h wieder ganze Zahlen bedeuten. Man kann nun nach II. die Function $\Phi(v, u)$ in folgende Form setzen:

$$(5) \qquad \frac{1}{\sqrt{2^{p+1}}}\Phi(v, u) = \left(\frac{v^p}{\sqrt{2^p}} - \frac{u}{\sqrt{2}}\right)\left(\frac{v}{\sqrt{2}} - \left(\frac{2}{p}\right)\frac{u^p}{\sqrt{2^p}}\right) - p\sum_{1,p}^{r,s} \frac{c_{r,s}\, v^r u^s}{\sqrt{2^{r+s}}}$$

und nach II, 2 kommen in der Summe auf der rechten Seite, in welcher r, s von 1 bis p gehen, nur solche Glieder vor, in welchen $r + s$ gerade ist. Setzt man nun in (5) für $u:\sqrt{2}$ und $v:\sqrt{2}$ die Entwickelungen (1), (3) ein, so verschwindet die linke Seite von (5); das erste Glied der rechten Seite wird nach (4) entwickelt und für das zweite Glied ergiebt sich eine Entwickelung nach Potenzen von q, wenn man für

$$\frac{v^r u^s}{\sqrt{2^{r+s}}}$$

nach (2) (3) die Entwickelung von der Form:

$$q^{\frac{rp+s}{8}}(1 + \gamma_1 q + \gamma_2 q^2 + \ldots)$$

mit ganzzahligen Coefficienten γ setzt. Es existiren aber nicht zwei Glieder in dieser Summe, deren Entwickelung mit derselben Potenz von q anfängt, da

$$rp + s = r'p + s'$$

$r = r'$ und $s = s'$ zur nothwendigen Folge hat.

Demnach liefert (5) eine Reihe linearer Gleichungen mit ganzzahligen Coefficienten, deren jede folgende nur eine neue von den Unbekannten $c_{r,s}$ und zwar mit dem Coefficienten 1 enthält. Hiernach sind die Coefficienten $c_{r,s}$ ganze Zahlen.

Es ergiebt sich aber mit Hülfe von III, 4 eine noch einfachere Form für die Function Φ. Zunächst ist nämlich nach einem bekannten Satz der Zahlentheorie:

$$2^{\frac{p-1}{2}} \equiv \left(\frac{2}{p}\right) (\mathrm{mod}\, p)$$

und wenn wir also

$$2^{\frac{p-1}{2}} = \left(\frac{2}{p}\right) + mp$$

setzen, worin m eine ganze Zahl ist, so kann man (5) so schreiben:

$$(6) \qquad \Phi(v, u) = \left(v^p - \left(\frac{2}{p}\right) u\right)(v - u^p) - p \sum_{1,p}^{r,s} C_{r,s} v^r u^s,$$

worin die Coefficienten $C_{r,s}$ mit den $c_{r,s}$ in folgender Weise zusammenhängen:

$$C_{1,1} = c_{11}\sqrt{2^{p-1}} + m$$

$$C_{p,p} = \frac{c_{p,p} + m}{\sqrt{2^{p-1}}},$$

in allen anderen Fällen:

$$C_{r,s} = c_{r,s}\sqrt{2^{p+1-r-s}}.$$

Hieraus geht zunächst hervor, dass die Coefficienten $C_{r,s}$ dann ganze Zahlen sind, wenn $r + s \overline{\gtrless} p + 1$. Wendet man nun aber II, 4 auf die Form (6) an, so folgt unmittelbar

$$(7) \qquad C_{r,s} = \left(\frac{2}{p}\right) C_{p+1-r,\, p+1-s}$$

und daraus ergiebt sich, dass die Coefficienten $C_{r,s}$ sämmtlich ganze Zahlen sind.

Wir können das hiermit Bewiesene so zusammenfassen:

Die numerischen Coefficienten der Modulargleichung

$$\Phi_p(v, u) = 0$$

sind ganze Zahlen, und wenn v, u unbestimmte Grössen sind, so besteht die Congruenz:

$$\Phi_p(v, u) \equiv \left(v^p - \left(\frac{2}{p}\right) u\right)(v - u^p) \ (\mathrm{mod}\, p),$$

ein Satz, der bei der Anwendung der elliptischen Functionen auf Zahlentheorie von grossem Nutzen ist.

Die kunstgewerblichen Alterthümer im Beuth-Schinkel-Museum zu Berlin.

Von Julius Lessing.

(Hierzu eine Tafel mit drei Abbildungen.)

In den Verwahrsam der Königlichen Bau-Akademie gelangte auf Grund eines Allerhöchsten Erlasses vom 30. October 1853 durch Ministerial-Verfügung vom 28. April 1854 eine Reihe von Kunstgegenständen, welche der 1853 verstorbene Wirkliche Geheime Rath Beuth, der Schöpfer des gewerblichen Unterrichtswesens in Preussen, hinterlassen hatte. Dieselben wurden dem seit 1842 in der Bau-Akademie aufbewahrten künstlerischen Nachlasse Schinkel's angeschlossen und die vereinigten Sammlungen nunmehr als Beuth-Schinkel-Museum bezeichnet.

Es waren bei dem Erwerbe des Nachlasses Beuth's zwei Gesichtspunkte maassgebend gewesen, zunächst galt es, wie es in dem betreffenden Erlasse heisst, »das Andenken Beuth's in einer Weise zu ehren, durch welche die Erinnerung an seine bedeutende Wirksamkeit dauernd erhalten werde«, dann aber wird in demselben Erlasse hervorgehoben, dass die Stücke überwiesen würden »der Bauschule, deren Personale von denselben hauptsächlich Nutzen zieht«.

Es wurden daher aus dem Nachlasse erworben gegen 5000 Kupferstiche und Zeichnungen, grosse Bilderwerke besonders architektonischer Art, welche sämmtlich mit dem Stamm des Schinkel'schen Nachlasses vereinigt wurden, ferner Ölgemälde, Statuetten und gerahmte Bilder in grosser Zahl, ferner die Ehrengeschenke, silberne und goldene Kränze, Schalen, Medaillen u. s. w., welche Beuth während seiner langen ruhmreichen Laufbahn erhalten hatte, schliesslich noch eine Reihe von kunstgewerblichen Gegenständen, welche Beuth gesammelt hatte. Die beiden letzteren Gruppen, die persönlichen Andenken und die kleinen Kunstwerke, welche in dem Rahmen der alten Schinkel-Sammlung ein etwas fremdes Element bildeten, wurden seitdem in einem besonderen Glasschrank aufbewahrt, welcher jedoch für die Entfaltung derselben nicht den nöthigen Raum bot.

Eine wissenschaftliche Bearbeitung der Stücke hat bisher nicht stattgefunden. Zu der Zeughaus-Ausstellung 1872 wurden einige Stücke herangezogen und daraufhin auch zu der Münchener Ausstellung 1876.

Vorhanden ist ein Inventar der Übernahme im Jahre 1854, in welchem die Gegenstände nur eben bezeichnet sind, dessen Nummern aber maassgebend bleiben. Ein Theil des erworbenen Nachlasses blieb im Verwahrsam der Schwester Beuth's bis zu deren Tode, und wurde am 7. August 1858 übernommen. Zu dieser Gruppe, welche zumeist die persönlichen Andenken enthielt, gehörte aber auch das sub Nr. 70 erworbene »Elfenbeinschränkchen mit dem bei dem Ankaufe darin gelegten Inhalt (verschiedene Kleinigkeiten)«.

Dieser Inhalt war bisher nicht inventarisirt und erwies sich bei der jetzt vorgenommenen Bearbeitung als sehr viel bedeutender, als der obige Wortlaut vermuthen lässt. Er umfasst die Nr. 71—88 des nunmehr weitergeführten Inventars.

Diese Sammlung von 91 Gegenständen (es sind einige Nummern mit a. b. getheilt) ist durchaus nicht planmässig angelegt. Nur im Gebiete der Glas-Arbeit scheint Beuth eine gewisse Abrundung angestrebt zu haben. Alles Sonstige ist zufällig erworbenes Gut. Übrigens ist das weitaus werthvollste Stück des Beuth'schen Besitzes das herrliche, antike Onyxgefäss, welches dem weltberühmten Mantuaner (später Braunschweiger) Gefäss zwar in Grösse etwas nachsteht, es aber an künstlerischer Schönheit eher übertrifft, in dem Besitz des Antiquariums der Königlichen Museen, und ist jetzt in der Beuth-Sammlung nur durch einen Gipsabguss vertreten.

Die 91 Gegenstände sind von sehr verschiedenem Werth. Unter den 27 Gläsern befinden sich neben vorzüglichen, ausserordentlich werthvollen Stücken, ganz moderne böhmische Fabrikate; manche andere kleinere Gegenstände sind fast werthlos, daneben aber befinden sich einzelne Werke von hohem antiquarischen Interesse, wie die lombardische Goldemailplatte, die Elfenbeinbüchse, das Emailkreuz, ferner andere, welche bekannteren Gruppen des Kunstgewerbes angehören, aber als vorzügliche Exemplare einen sehr erheblichen Werth besitzen.

Es ist jetzt von dem Unterzeichneten ein ausführlicher Katalog der ganzen Sammlung fertig gestellt worden. An dieser Stelle sollen jedoch nur diejenigen Stücke aufgeführt werden, welche ein künstlerisches oder antiquarisches Interesse beanspruchen können. Die Ehrengeschenke von lediglich persönlichem Werth, sowie die untergeordneten Proben moderner Industrie sind nicht mit aufgenommen.

Die springenden Nummern folgen dem alten Inventar.

Verzeichniss.

6. **Beschlag eines Altarkreuzes.** Hintere Seite, Kupfer vergoldet mit Grubenschmelz bedeckt. [Vergl. die Abbildung.]

Die Balken sind 0.065 breit, der Hauptbalken 0.37 lang, der Querbalken 0.26 lang.

Auf den vier Balkenenden und auf der Kreuzung viereckige Bildtafeln mit der Darstellung der Auffindung des Heiligen Kreuzes durch die Kaiserin Helena. Der Grund ist vergoldetes Kupfer, ebenso Gesichter und Hände, die übrigen Theile sind durch farbige Schmelze dargestellt. Die Beischriften sind in tiefblauem Schmelz.

Die Legende, auf welche sich die Darstellungen beziehen, war im Mittelalter in folgender Form verbreitet: »Über dem Grabe Christi war durch Kaiser Adrian ein Venus-Tempel erbaut, Kaiser Konstantin liess denselben niederreissen, man fand das heilige Grab wieder auf und der Kaiser erbaute über demselben die Kirche. Es war aber bis dahin nicht gelungen, das Kreuz und die Marterwerkzeuge Christi wiederzufinden. Die Mutter Konstantins, die Kaiserin Helena, begab sich dann in ihrem achtzigsten Lebensjahre nach Jerusalem um das Kreuz zu suchen. Von der Stelle, an der es vergraben war, wusste nur aus alter Überlieferung ein Jude, Namens Judas. Die Kaiserin Helena fragte zunächst gütlich, dann aber drohte sie mit dem Feuertode und zwang auf diese Weise den Judas, den Ort anzugeben, wo man denn auch alle drei Kreuze fand. Das wahre Kreuz wurde dadurch ermittelt, dass es durch seine Berührung einen Verstorbenen erweckte. Judas, durch die Wunder bewegt, wurde Christ und Bischof von Jerusalem, bekannt als Judas Cyriacus.«

Dieser Legende entsprechen die fünf Emailplatten des Kreuzes:

1. links: Helena (bez. **HEL**) sitzend, lässt den Judas (**JUD**) durch einen Griechen vor sich führen und befragt ihn mit mahnend erhobener rechter Hand. Judas ist hier und auf den anderen Tafeln bärtig, die griechischen Diener der Kaiserin sind bartlos dargestellt.
2. rechts: Helena (**HEL**) sitzend, lässt den Judas (**IUD**) durch zwei Griechen an das Feuer (**IGNIS**) stossen, welches vor ihr brennt.
3. unten: Auffindung der Kreuze (**JNVENTIO S. CRUCIS**). Helena (**HEL**) sitzend, Judas unterstützt von drei Griechen gräbt die drei Kreuze aus.
4. in der Mitte: Das wahre Kreuz wird erprobt. Helena (**HEL**) stehend, der Todte (**MORTVS**), auf einer Bahre mit einem Tuche bedeckt, richtet sich auf unter der Berührung des heiligen Kreuzes (**S. C.**). Daneben Judas und drei Griechen.
5. oben, Die Verehrung des Kreuzes. Das Kreuz (**S. CRVX**) steht auf dem Altar aufgerichtet, vor ihm knieend Helena (**HEL**).

Zwischen diesen Platten reiches Ornament, bestehend aus Rautenfeldern, von denen auf jedem kurzen Balken je eines, auf dem langen drei sich befinden. In den Rautenfeldern je eine Rosette und Ränder. Diese und die anderen Ränder enthalten kleine Blüthen, welche in Zellenschmelz mit aufgelötheten Rändern hergestellt sind.

In den kleinen Dreiecken neben den Rauten befinden sich zwanzig ovale Öffnungen, welche ursprünglich mit geschnittenen Steinen ausgelegt waren. Von diesen ist noch erhalten: 1. ein Carneol mit stehendem Vogel, 2. ein Lapis Lazuli mit stehendem Vogel neben Baum, 3. ein desgleichen mit nicht erkennbarer Darstellung (Delphin?). Neben diesen Öffnungen je zwei bis drei kleine runde Öffnungen, in denen früher Perlen sassen, von denen nur noch eine erhalten ist.

Dieses Kreuz ist eine ungewöhnlich gute und reiche Arbeit niederrheinischer Kunst des XII Jahrhunderts. Es zeigt grosse Verwandtschaft mit Arbeiten, welche man der Gegend von Lüttich und Maestricht zuschreibt.

11. **Bronzekopf eines grinsenden Zwerges.**

Derselbe ist bartlos und hat eine Lederkappe übergezogen, die vorn hochgeschlagen und mit einer Medaille befestigt ist.

Die Büste ist kurz unter dem Kragen abgeschnitten. Eine runde Öse am hinteren Abschnitt weist darauf hin, dass der Kopf Theil eines Geräthes gewesen ist.

Am vorderen Abschnitt in neuerer Zeit eingravirt die Inschrift: Nicolaus histrio ducum Saxoniae 1574.

Für die Zeitbestimmung ist maassgebend die kleine Agraffe, in welcher Prof. Dr. von Sallet die Nachbildung einer Medaille des Königs Friedrich IV (als römischer Kaiser Friedrich III) erkennt, welcher 1493 starb. Man hat also wohl an einen Hofzwerg dieses Fürsten zu denken. Die Arbeit hat mehr den Charakter der Mitte des XVI Jahrhunderts,es ist ja aber auch nicht ausgeschlossen, dass ein Zwerg, der noch vor 1493 ein Ehrenschmuckstück von Friedrich IV erhalten hat, den Tod des Fürsten sehr lange überlebt hat. DieBüste erscheint überdies als die eines älteren Mannes.

0.11 hoch.

12. **Relieftafel,** Bronzeguss.

Ein stehender Adler hat seine rechte Kralle auf einem Helm von antiker Form ruhen. Auf dem Sockel Inschrift: »Metallprobe zum Denkmal des F. Blücher v. Wahlstatt in Berlin zu errichten. Gegossen 1823 von Lequint.« Modell von Rauch. — Oben Öse.

0.23 hoch, 0.24 breit.

13. **Bleiabguss eines Zunftschildes.** Hochoval in flachem Relief, zum Theil durchbrochen, wohl nach einem in Silber ausgeführten Original.

Dieses Schild enthält in der Mitte auf ovalem Felde drei grosse Pokale, die mehr wie Zinnpokale, denn wie Silberarbeiten aussehen, und die Jahreszahl 1613. Um dieses Feld legt sich ein Kranz von zehn Schilden, auf welchen sich die Stempel und Zeichen verschiedener Meister befinden in Form von Hausmarken, Buchstaben und Bildzeichen; zu unterst steht das Zeichen des Meisters, der diese Platte ausgeführt hat, Hermann Pothof, neben seinem Wappen, einem 'Pot'.

Rechts und links neben dem Mittelfeld zwei stehende weibliche Engel, welche mit den Pokalen und Deckeln wie mit Becken schlagen, oben Knabenengel mit Posaunen, unten zwei Knabenengel, der eine hält den Blasebalg wie eine Leier, der andere musicirt mit Hammer und Zange. Im Hintergrund vielfaches Geräth für Metallbearbeitung. Zu den Füssen der Engel ganz unten die Bleiplatte, auf welche die Zeichen der Zunftmeister eingeschlagen wurden.

Dieses Schild gilt als Zunftzeichen der Goldschmiede von Münster. Dasselbe kommt öfters in alten Bleiabgüssen vor; auf der Ausstellung in Münster waren zwei derselben, einen andern hat das Nürnberger Kunstgewerbe-Museum galvanisch nachbilden lassen, das Exemplar im Bayerischen National-Museum in München ist abgebildet im 'Kunsthandwerk' Bd. II. Taf. 10. Unser Exemplar zeichnet sich durch besondere Schärfe aus. Das Original muss von einer Feinheit der Arbeit gewesen sein, die viel eher an Silber als an Zinn denken lässt; es trug ausser der ausführlichen Bezeichnung ‚Herrmann Pothof' auch noch den eingeschlagenen Stempel **H P** und das Zeichen der Innung  wie es scheint von Münster.

Das Schild selbst ist eine der reizvollsten Arbeiten, welche uns die Kleinkunst der deutschen Renaissance erhalten hat, und zeigt eine überraschende Ähnlichkeit mit den Arbeiten des Goldschmiedes Eisenhoit, der zu derselben Zeit in dem benachbarten Warburg thätig war.

0.16 hoch, 0.11 breit.

14. **Leuchterfuss**, Bronzeguss.

Dreitheilig. 3 Löwenklauen, dazwischen je ein Paar Drachen, deren Flügelenden über den Klauen zusammenstossen, während die Köpfe in der Mitte zwischen den Klauen verbunden sind. Der Schaft des Leuchters fehlt. Das Stück ist eine handwerksmässige aber recht tüchtige und gut erhaltene niederdeutsche Arbeit des XIII Jahrhunderts.

0.09 hoch, 0.14 weit.

17. **Majolikaschale** auf niedrigem Fuss.

Die flache Platte enthält in grosser figurenreicher Darstellung den Tod Goliaths durch David, nebst fliehenden und verfolgten Kriegerfiguren. Die Composition ist Raffael entlehnt, die Arbeit selbst in Siena im Anfange des XVIII Jahrhunderts hergestellt, wo man sich eine Zeit lang den Mustern der klassischen Zeit zuwandte.

0.08 hoch, 0.33 weit.

18. **Majolikaschale**, mässig vertieft.

Die Darstellung über die ganze Fläche hin ausgebreitet. Paris-Urtheil nach Raffael. Handwerksmässige Arbeit von Castel Durante oder einer der kleinern Fabriken von Mittelitalien; zweite Hälfte des XVI Jahrhunderts.

0.06 hoch, 0.29 weit.

19. **Pinte.** Weisses Steinzeug.
Der aufgesetzte in flachem Relief gearbeitete Ornamentstreifen ist dreimal nebeneinander wiederholt. Derselbe enthält in reichem Ornamentwerk oben ein kleineres Rundbild, Joseph und die Potiphar mit Beischrift: **JOSEPH**; in der Mitte ein länglich ovales Feld mit der Figur eines stehenden geharnischten Ritters, Beischrift: **DER IOSUA**; unten ein grösseres Rundbild mit der Bathseba im Bade, welcher König David auf dem Balcon seines Schlosses stehend zuschaut. Unten der Bote mit dem Briefe, Beischrift: **DAVID.** Bezeichnet **H. H.**

Der Henkel fehlt und ist in unserem Jahrhundert durch einen silbernen ersetzt, mit dem ein silberner Klappdeckel verbunden ist.

0.31 hoch, 0.10 weit. Siegburg. Ende XVI Jahrh.

20. **Kanne,** weisses Steinzeug.
Bauchig mit kurzer Röhrentülle und Henkel. Weissgraue Masse, darauf in flachem Relief zweimal das Wappen von Kursachsen und einmal das Wappen von Dazwischen kleine Rosette.

Zinndeckel mit Stempel darstellend eine Justitia mit Inschrift **....CIA.LANGE.** ferner **H·K 0 8**. Zinnverschluss der Tülle.

0.19 hoch, 0.16 weit. Deutschland. Anfang des XVIII Jahrhunderts (1708?).

21. **Humpen.** Braunes Steinzeug mit Relief und Schmelzfarben, sogenannter Jagdkrug.
Mittelstreifen 0.04 hoch mit Reliefdarstellung einer Jagd. Ein Bär, von Hunden gepackt, wird abgestochen. Jäger zu Pferde und zu Fuss mit vielen Hunden verfolgen Hasen. In der Mitte gemaltes bürgerliches Wappen: Figur eines Mannes mit einem Fisch und einem Baum in den Händen. Dieser Streifen ist oben und unten mit Borten von farbigen Blüthen abgeschlossen. Am unteren Rande mit weisser Schmelzfarbe Aufschrift: **TRINCK VND IS, GOTT NICHT VERGISS. 1664. SIGMVNDT. ANDRE: SCHWETER. I. B.** Der Name bezeichnet wahrscheinlich den Besitzer.

0.13 hoch, 0.20 weit. Kreussen in Franken.

22. **Glashumpen.** Hohe cylindrische Form, grünliches Glas mit Schmelzfarben bemalt.
In zwei Reihen übereinander, oben in 7, unten in 6 Arkaden: Christus und die zwölf Apostel, jeder durch ein Spruchband bezeichnet und mit den Zahlen von 1 bis 12 versehen. Oben Rändchen mit leichter Vergoldung und kleinen Perlen.

0.28 hoch, 0.13 weit. Süddeutschland. XVII Jahrh.

23. **Glasbecher.** Cylindrische Form, grünliches Glas mit Schmelzfarben bemalt.
Darauf dargestellt der Kurfürst von der Pfalz zu Pferde mit dem Schlüssel in der Hand als Erztruchsess. Beischrift **PFALTZ. 5. 1661.** Die Zahl **5** zeigt, dass dieses Glas zu einem grösseren Satz von Gläsern gehört, auf denen die Kurfürsten einzeln dargestellt waren. Auf der Gegenseite ist gemalt ein Strauss von Blättern und Maiblumen.

0.17 hoch, 0.08 weit. Deutschland. 1661.

24. **Glashumpen.** Cylindrische Form, helles Glas mit Schmelzfarben bemalt. Darstellung einer Familie, sämmtliche Personen in voller Gestalt hinter einander aufgereiht. Der Mann, bezeichnet JOHANN C., hält einen Pokal, hinter ihm nach links hin vier Söhne. Dem Mann gegenüber die Frau mit einem Apfel in der Hand, bezeichnet ANNA P., hinter ihr nach rechts hin fünf Töchter, davon die letzte im Todtenhemd mit dem Kreuz über dem Kopfe als verstorben bezeichnet. Alle Kinder mit Namensbeischrift. Weitere Inschrift: Gott dem alles unverborgen wird getreulich für mich sorgen. 1726. Dazwischen Blumenstrauss, und oben Rand mit Fruchtgehänge.

0.18 hoch, 0.11 weit. — Deutschland. 1726.

25. **Glasflasche** mit weissen Faden und Luftblasen.
Form annähernd die einer Pilgerflasche, Ringfuss rund, Körper flach gedrückt mit zwei Ösen an jeder Seite, Hals schlank, oben etwas ausgeweitet.

0.39 hoch, 0.22 breit, 0.12 tief. — Venedig. XVI Jahrh.

Dieses Stück ist von seltener Grösse und Schönheit, dabei von tadelloser Erhaltung.

26. **Glasbecher.** Eisglas.
Der Becher ist nahezu cylindrisch, nach oben hin etwas ausgeweitet. Etwas unter der Mitte sind aufgesetzt drei in Relief gegossene Löwenmasken und drei kleinere Knäufe. Geriffelter Ringfuss.

0.31 hoch. 0.13 weit. — Venedig. XVI Jahrh.

29. **Kelchglas** auf Fuss.
Hoher Kelch, im oberen Theil weit ausgebaucht, nach unten hin stark eingezogen mit fünf Einschnürungen. Fuss mit Knauf und dann weit ausladend. Senkrecht durchzogen von in sich gewundenen weissen Fäden.

Der Fuss durch silberne Bänder zusammengehalten.

0.29 hoch, 0.13 weit. — Venedig. XV—XVI Jahrh.

Dieses Stück gehört in die frühe Periode der Venetianer Glasarbeit, in welcher sich noch Reminiscenzen an mittelalterliche Formen finden, und ist daher von besonderem Interesse.

32. **Kelchglas** auf hohem Fuss. Rubinglas.
Fuss und unterer Ansatz des Kelches mit Facetten geschliffen. Auf dem Becher eingeschliffen C.
Arbeit von Kunkel auf der Pfaueninsel bei Potsdam. Anfang XVIII Jahrh.

0.20 hoch, 0.09 weit.

34. **Kelchglas.** Schlanke spitze Form.
Die obere Hälfte mit Ornamenten, welche mit dem Diamant eingeritzt sind. Weinranken, welche drei Rundfelder umschliessen. Darin Darstellungen: 1. Christi Geburt mit Beischrift: Christi Gebohrt. 2. die Auferstehung, 3. die Himmelfahrt mit Beischrift: Christi Hemmelvar. Im oberen Rande Inschrift: Der freunden willekumpft. Anno 1658. Vom Fuss nur der Knauf erhalten, die Platte ist durch Holzsockel ersetzt.

Gläser von ganz ähnlicher Arbeit aus dem XVIII Jahrhundert rühren her von einem Canonicus Busch in Hildesheim. An diesen ist wegen der Zeit nicht zu denken, aber der Dialekt weist auch auf Niederdeutschland. Das Graviren der Gläser scheint zeitweise eine Spielerei für Dilettanten gewesen zu sein.

0.31 hoch ohne Sockel, 0.07 weit.

35. **Kelchglas auf hohem Fuss.**

Der Becher wird nach unten zu spitzer und erweitert sich noch einmal. Der Fuss mit zwei dicken Knäufen, die Fussplatte fehlt (jetzt durch Silber ergänzt). Die Oberfläche des Glases ist matt geschliffen, das vertieft geschnittene Ornament erscheint blank auf stumpfem Grunde. Auf dem Becher grosse Ranken von Acanthusblättern mit phantastischen Blüthen, am Fuss runde Scheiben und Sterne. (In Zersetzung begriffen.)

0.26 hoch, 0.11 weit. Deutschland. Anfang XVIII Jahrh.

36. **Glaspokal** mit Deckel.

Becher nach unten etwas spitzer werdend mit eingeschliffenen Blumen, Tulpen und Narzissen. Der Fuss mit zwei kugelförmigen Knäufen, in welchen bunte Glasstückchen eingeschmolzen sind. Deckel (zugehörig?) mit Ornamentranke und hohem Knauf.

0.35 hoch, 0.11 weit. Deutschland. Ende XVII Jahrh.

37. **Glaspokal** auf Fuss mit Deckel.

Der Becher rundlich nach unten verengt, darauf eingeschliffen grosses Wappen von Österreich, von zwei Greifen gehalten, über Waffentrophäen, und Inschrift:

Es lebe Kayser Carl der VI nebst der Kayserin.

Im Knauf des Fusses Luftblasen. Am Ansatz des Bechers und der Fussplatte dick aufliegender Blattkranz, ebenso am Deckel, dem der Knauf fehlt.

0.32 hoch, 0.14 weit. Böhmen oder Schlesien. 1711—40.

39. **Becherglas** auf Fuss mit Deckel.

Opalisirendes Glas. Der Körper nahezu kugelförmig mit dicken Rippen, der Schaft des Fusses mit drei gerippten Kugeln, die Fussplatte mit kurzen Rippen. Deckel hoch gewölbt mit Knopf. (Die Fussplatte ist gekittet und zum Theil mit Gold überdeckt.)

0.27 hoch, 0.10 weit. Venedig. XVI—XVII Jahrh.

40. **Kelchglas auf hohem Fuss.**

Auf dem spitzen Becher geschliffen Darstellung eines Mannes mit der Harfe. Ziemlich roh. Hinten Inschrift:

stimt die Harffen
last sie scharf klingen
so kanst du vor freuden singen.

0.21 hoch, 0.09 weit. Böhmen oder Schlesien. Um 1770.

41. **Kelchglas auf hohem Fuss** mit Deckel.

Der spitze Becher hat am unteren Theil zehn Schliffflächen, von diesen sind nach oben hin vier zu einem Felde vereinigt, das in ungewöhnlich reichem und zierlichen Ornamentenkranz kleine Landschaften mit Gebäuden zeigt. Hinten ein ebenso grosses reich eingerahmtes Feld mit Inschrift:

Es lebe der Herr
Es lebe der Knecht
Es grüne das Land
Es blühe das Recht.

Dazwischen zwei aufsteigende Streifen mit Ornament. Der Deckel mit Knauf ähnlich geschliffen.

Mit Deckel 0.20 hoch, 0.07 weit. Böhmen oder Schlesien. Um 1720.

42. **Glas auf hohem Fuss.**

Der Becher bildet ein liegendes halbes Ovoid mit schmalen Schliffflächen und darüber fortlaufendem Ornament. Rankenwerk, Vögel, Blumen.

0.11 hoch, 0.11 lang, 0.07 breit. Böhmen oder Schlesien. Um 1720.

43. **Kelchglas auf hohem Fuss.**

Der spitze Becher mit zwölf Schliffflächen. Über dieselben fort, auf der vorderen Hälfte sehr zierliches eingeschliffenes Ornament, Rahmenwerk, Blüthen, Früchte etc. Auf der platten Rückseite Inschrift: Immer aufrecht.

0.15 hoch, 0.06 weit. Böhmen oder Schlesien. Um 1720.

44. **Kelchglas auf hohem Fuss.**

Der spitze Becher ist in sechs Längsfalten gelegt, von denen drei eingeschliffenes Ornament enthalten. Geschliffene Borte auf der Fussplatte. Das Glas ist von ungewöhnlicher Leichtigkeit und Schönheit der Form und scheint ein venetianisches Glas zu sein, das in Böhmen geschliffen wurde.

0.14 hoch, 0.07 weit. Anfang XVIII Jahrh.

45. **Becherglas.**

Cylindrisch mit weissen sich überkreuzenden Fäden und Luftblasen.

0.15 hoch, 0.07 weit. Venedig. XVI Jahrh.

50. **Pyxis aus Elfenbein.** [Vergl. die Abbildung.]

Überhöhte Kugelform, in flachem Relief geschnitzt. Auf dem Körper sechs Arcaden, gebildet durch schlanke Säulen mit Blattcapitäl und Bogen, welche abwechselnd halbrund und im flachen Winkel geknickt sind. In jeder Arcade symmetrisch geordnetes Rankenwerk mit Weinblättern, in der Mitte desselben in drei Feldern ein Kreuz. In den Zwickeln Weinblätter. Oberer und unterer Rand mit zackigen Borten. Die Verzierungen waren roth gefärbt. Auf der Unterseite ein agnus dei eingravirt und roth gefärbt.

Der Deckel fehlt. Ansatz der Haspe und bronzener Dorn zum Verschluss noch vorhanden.

Die Büchse ist aus einem Stück gedreht und vorzüglich erhalten, sie hat wahrscheinlich zur Aufbewahrung der Hostien jedenfalls aber zu einem kirchlichen Zwecke gedient. Dieselbe ist eines der ältesten Denkmäler frühchristlicher Geräthbildnerei, welches wir besitzen. In der Bildung der Arcaden stimmt es vollständig mit der Sculptur des Sarkophages des Junius Bassus aus den römischen Catacomben vom Jahre 359 (abgebildet bei d'Agincourt. Scultura tv. VI 5) und anderen frühchristlichen Sarkophagen. Die Bildung des Weinlaubes entspricht durchaus dem Ornament auf den Elfenbeindiptychen von St. Gallen, in dem Umschlagen der Blattspitzen sind hier noch Reminiscenzen aus den antiken Acanthus, während man das Weinlaub als christliches Symbol eingeführt hatte. Auch die Form des Kreuzes weist auf früheste Zeit hin. Die Arbeit ist für byzantinische Kunst etwas unbeholfen, man darf eher an italienische Arbeit des IV—V Jahrhunderts denken.

0.08 hoch, 0.08 weit.

70. **Schränkchen** mit Elfenbeinplatten belegt.

Vorspringender Sockel mit Schublade und vier Füssen. Körper mit zwei Flügelthüren, Aufsatz mit Klappdeckel. Glatte Wände mit gefraesten Leisten und mit Bronzebeschlägen.

Der geöffnete Schrank: Wand mit portalartigem Mittelbau, zu jeder Seite vier Schubladen, sowie eine unter der Thür, auch der Giebel des Portals bildet eine Schublade. Alle Flächen, auch die der Innenseiten der Hauptthüren, mit Elfenbein belegt, die beiden letzteren je mit der Façade eines Mansardenfensters geschmückt.

In allen Feldern eingelegte Platten von gemaltem Email auf Kupfer. Auf weissem Grund farbige Darstellungen aus der Apokalypse, im Ganzen drei Bilder in hohem Rechteck, oben halbrund abgeschlossen, je 0.07 hoch, 0.05 breit; ferner neun Bilder in Queroval, 0.035 hoch, 0.05 breit, und sieben kleine ornamentale Füllungen mit Blumenwerk: sämmtlich von flüchtiger Arbeit. Wenn man die Thür der Wand öffnet, so zeigt sich eine mit Spiegeln ausgelegte Nische, in welcher aus Wachs und Seidenstückchen ein Garten mit einem Liebespaar dargestellt ist. Dieser Einsatz ist herauszuziehen, worauf hinten acht kleine Schubladen erscheinen. Das Elfenbein sowie der Liebesgarten sind vielfach beschädigt.

51 hoch, 41 breit, 26 tief. Deuschland. Ende des XVII Jahrh.

71. **Statuette.** Bronze.

Poseidon nackt, auf dem linken Beine stehend, leicht vornübergeneigt. Der rechte Fuss (jetzt vom Knöchel an fehlend) war auf einen Stein gestützt. Auf dem Knie ruht die rechte Hand, welche einen Delphin hält. Der linke ausgestreckte Arm, welcher sich auf den Dreizack stützte, ist über dem Ellenbogen abgebrochen.

Gute Arbeit mit dunkler Patina.

0.10 hoch. Antik römisch.

72. **Theil eines Zaumzeuges.** Bronze.

Doppelring zum Durchführen der Pferdeleine.

0.09 hoch, 0.06 breit. Antik römisch oder etruskisch.

73. **Ring mit Ansatzplatte.** Bronze.
Theil eines Geräthes, vielleicht von einem Wagen.
00.6 lang. Antik römisch oder etruskisch.

74. **Beschlag.** Bronze.
Schutzhülse für ein Geräth in zwei seitlich gewendete Knöpfe endend.
0.07 hoch, 0.06 breit. Antik römisch oder etruskisch.

75. **Pferdeschmuck.**
Hufeisenförmiger Bogen, in welchem ein kleinerer hängt, in dessen Mitte ein Phallus als Amulett.
0.07 hoch, 0.08 breit. Antik römisch oder etruskisch.

76. **Halbfigur eines Hundes.** Bronze.
Langgestreckt, mit einem Ansatzrand, bildete die Spitze eines Geräths. Flüchtige Arbeit.
0.05 lang. Antik römisch?

77. **Rahmen.** Beschlag eines Geräthes, Gold mit Zellenschmelz und Edelsteinen. [Vergl. die Abbildung.]
Der flache rechteckige Rahmen, im Ganzen 0.12 hoch, 0.10 breit, stellt sich als eine Platte dar mit einem äusseren ganz flachen und einem inneren etwas höher liegenden Rand, zusammen 0.03 breit. — Der äussere Rand, 0.013 breit, zeigt den glatten Goldgrund, auf welchem Edelsteine und Golddrähte aufgesetzt sind. Die Edelsteine auf den vier Ecken sind in Kasten gefasst und mit dem niedergedrückten Goldblech festgehalten, drei davon sind helle orientalische Saphire unregelmässiger ovaler Form, der eine der Länge nach durchbohrt; der vierte ist ein Topas von ebenfalls unregelmässigem Oval. In der Mitte jeder Seite ist in gleicher Weise eine grössere Perle gefasst. An jedes dieser acht Kleinodien stossen zwei herzförmige, mit Goldfäden umränderte Felder, in welche rubinrothe Glasstücke in der Art des sogenannten Merowinger- oder Fränkischen Email eingesetzt sind. Die Zwischenräume sind mit Ornament aus gekörntem Golddraht belegt. Dieses Ornament zeigt Reste antik römischer Form.

Der innere Rand, 0.012 breit, liegt etwas höher, da er aus einer Schicht von Zellenschmelz besteht. Er bildet ein scharfkantiges Band, das sich aus achtzehn quadratischen Feldern zusammensetzt. In jedem Feld eine Rosette von undurchsichtigem weissen Schmelz auf durchsichtigem Schmelzgrund, der in Blau und Grün wechselt.

Nach der jetzt leeren Mitte zu legt sich noch ein schmaler, aus einem gewellten Goldstreifen bestehender Rand an.

Dieses Stück muss als Einfassung eines besonders werthvollen Bildes oder dergl. gedient haben, es lag jedenfalls auf einem festen Grunde auf und war von einem weiteren Rahmenwerk eingeschlossen. Auf der Rückseite ist noch zum Theil die Harzfüllung erhalten, welche den höher liegenden Theilen die nöthige Festigkeit gab.

Technik und Form dieses höchst merkwürdigen Stückes sind eng verwandt mit zwei berühmten Werken des Mittelalters: 1. die eiserne Krone der Lombardei, welche wahrscheinlich von König Berengar IX (847—924) in den Schatz des Domes von Monza gestiftet worden ist: 2. der grosse Altar in S. Ambrogio in Mailand, gefertigt vom Meister Wolvinius unter Bischof Angilbert II um 835. An beiden finden sich diese wie Edelstein leuchtenden durchscheinenden Schmelzen auf Goldgrund, beide zeigen dieses etwas befangene, noch an antike Vorbilder erinnernde Ornament ohne Zusatz des orientalischen Formenelementes, welches der byzantinischen und später der romanischen Kunst ihren phantastischen Reiz verleiht. Die um 100 Jahre später gefertigten byzantinischen Goldemails des Theophanu, jetzt an den Kreuzen in Essen, sind von ganz anderer Zierlichkeit und Reichthum. Auch die rothen eingesetzten Glasstücke deuten auf ein Gebiet mit theilweis germanischer Cultur.

Wir haben also in diesem Rahmen eines der ältesten Stücke mittelalterlichen Goldemails, ein Stück lombardischer Kunst des IX Jahrhunderts.

78. **Beschlagplatte.** Bronze, vergoldet.
Das rechteckige Feld hat einen gekörnten Rand und ist gefüllt mit Spiralen von gekörntem Draht, welche in kleine Früchte enden. In Kasten aufgesetzt: in der Mitte viereckiger grüner Stein, in jeder Ecke eine grosse Perle.

Dieser Beschlag ist ein Theil eines grösseren Schmuckes von einem Geräth.

0.03 hoch, 0.065 lang. Deutschland. XI—XII Jahrh.

79. **Eckbeschlag** eines Altargeräthes.
Kupfer, vergoldet, mit Grubenschmelz. Halbfigur eines Engels. Sehr gute Arbeit.

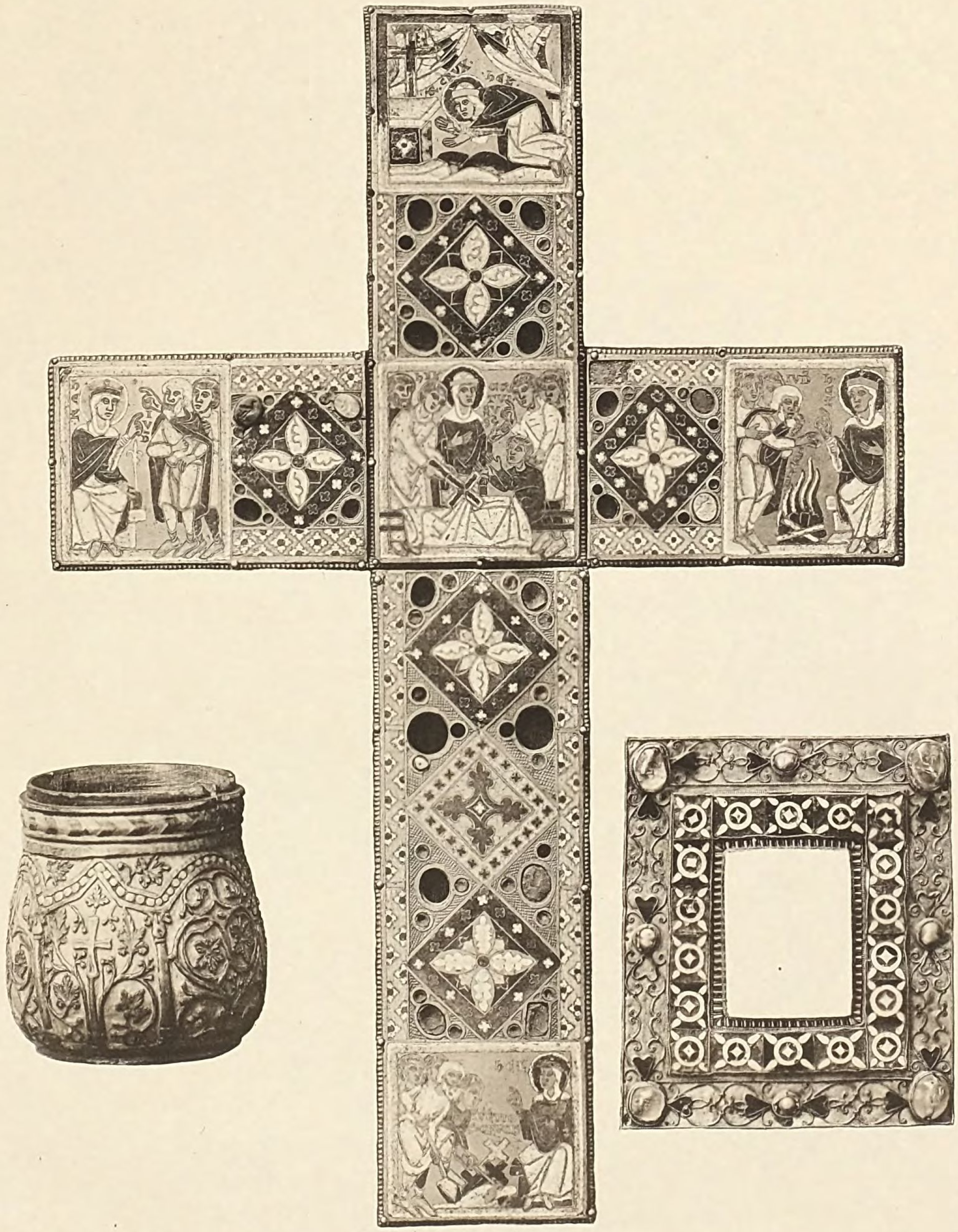
0.045 hoch, 0.055 breit. Niederrhein oder Belgien. XII Jahrh.

80. **Kleines Scepter.** Silber, vergoldet.
Sechskantiger Schaft oben mit viertheiliger Kreuzblume. Stammt wohl von einer Figur eines Reliquienschreines.

0.11 lang. Deutschland. XIV Jahrh.

85. **Siegel** des Markgrafen Friedrich von Brandenburg.
Runde rothe Siegelplatte in tiefen Wachsrand eingelassen, über einem Pergamentstreifen. Der Fürst in Rüstung auf reich behangenem Pferde einhersprengend. Auf gerollten Bändern die Inschrift: fridirc dei gra marchio brandenburgensis sacri romani imperii archicamerarius burggravius nurembergensis.

0.13 Durchmesser. 1415—1440.



BEVTH-SCHINKEL-MVSEVM.

Nr. 50. Nr. 6. Nr. 77.

Über die Belastungs-Gleichwerthe der Brückenträger.

Ein Beitrag zur Theorie der Brücken von E. Winkler.

(Hierzu Taf. I. und II.)

Die Verkehrsbelastung einer Brücke stellt sich im Allgemeinen als ein der Lage nach veränderliches System von Einzellasten von mehr oder minder grosser Unregelmässigkeit dar, welche letztere die statische Berechnung der Brücke erschwert. Die Strassenbrücken wurden früher zwar allgemein unter der Annahme einer gleichmässig vertheilten, durch Menschengedränge entstehenden Belastung berechnet; in neuerer Zeit sah man aber ein, dass es nothwendig sei, namentlich bei kleineren Spannweiten auf die von den Wagenrädern geübten Einzeldrücke Rücksicht zu nehmen. Insbesondere aber zeigte sich bei den Eisenbahnbrücken die Nothwendigkeit, der statischen Berechnung nicht eine gleichmässige Belastung, sondern diejenigen Einzeldrücke einzuführen, welche von den Rädern thatsächlich ausgeübt werden. Vielfach aber ging man zu der wesentlich einfacheren Berechnung unter Zugrundelegung einer gleichmässig vertheilten Belastung zurück, nachdem man mit mehr oder minder grosser Sorgfalt diejenige gleichmässig vertheilte Belastung oder den Belastungs-Gleichwerth (Belastungs-Äquivalent) bestimmt hatte, welcher ungefähr dieselbe Beanspruchung der Construction erzeugt, wie das thatsächlich wirksame System von Einzellasten. Gegenwärtig pflegt man die Brücken theils unter Annahme eines Einzellasten-Systems, theils unter Annahme von Belastungs-Gleichwerthen zu berechnen.

Bei einem nur einigermaassen eingehenden Studium erkennt man bald, dass unter Voraussetzung eines ganz bestimmten Systems von Einzellasten der Belastungs-Gleichwerth verschieden ausfällt, je nachdem es sich um die Beanspruchung des einen oder anderen Theiles handelt. Hinsichtlich dieser Ungleichheit bestehen verschiedene Arten der Behandlung. Als die leider noch immer häufig angewendete Art ist diejenige zu bezeichnen, bei welcher für alle Theile der Brücke ein und derselbe Belastungs-Gleichwerth eingeführt wird, wobei meist nur verschiedene Belastungs-Gleichwerthe für verschiedene Spannweiten angenommen werden. In der Regel hat man diesen Belastungs-

Gleichwerth p in der Weise bestimmt, dass man unter Voraussetzung des Einzellasten-Systems das grösstmögliche Biegungsmoment M genau ermittelt und dieses bei der Stützweite l dem bei gleichmässiger Belastung eintretenden grössten Biegungsmoment $\frac{1}{8} p l^2$ gleichsetzt. Dass sich für einen beliebigen Theil der Brücke p grösser, zum Theil ganz wesentlich grösser ergiebt, ist vielfach ohne Beachtung geblieben. So schreibt z. B. eine Verordnung des österreichischen Handelsministeriums vom Jahre 1870 als kleinste Annahme für die Verkehrsbelastung pro Gleis vor:

$l =$	1	2	5	20	$\overline{\gtrless}$ 30	Meter,
$p =$	20	15	10	5	4	Tonnen pro Meter.

Ferner schreibt ein Circular des französischen Ministeriums der öffentlichen Arbeiten vom Jahre 1877, welches auch in Rumänien als maassgebend angenommen worden ist, folgende Belastungen (hier nicht als zulässiges Minimum) vor:

$l =$	2	5	10	15	20	25	30	40	50	60	80	100	$\overline{\gtrless}$ 150 Meter,
$p =$	12.0	9.8	7.3	5.7	4.9	4.5	4.3	4.1	3.9	3.7	3.4	3.2	3.0 Tonnen pro Meter.

Statt dessen hat man, um sich der Wahrheit noch mehr zu nähern, für Balkenbrücken mehrfach zwei verschiedene Belastungs-Gleichwerthe eingeführt, nämlich eines für die Berechnung der Gurte, ein anderes etwas grösseres für die Berechnung des Gitterwerkes. Aber auch diese Methode giebt theilweise noch zu ungenaue Resultate.

Sehr ungenau können namentlich die Resultate werden, wenn man, wie es vielfach geschehen ist und noch geschieht, diese nur von der Stützweite l abhängig gemachten Belastungs-Gleichwerthe auch auf aussergewöhnliche Systeme, wie z. B. continuirliche und Bogenträger anwendet.

Am meisten wissenschaftlich ist wohl das einem Circular von 1884 an die Inspectoren, Regierungen und Eisenbahn-Directionen von Russland entsprechende Verfahren. Hier werden (auszugsweise und nach Metermaass umgerechnet) die folgenden drei Belastungs-Gleichwerthe vorgeschrieben:

$l =$	2	5	10	15	20	30	40	50	60	80	100	125	150	Meter
$p_0 =$	19.7	14.5	8.7	7.4	6.8	6.2	5.9	5.6	5.3	4.8	4.5	4.0	3.8	Ton. pro Meter
$p_1 =$	14.2	12.1	7.7	6.0	5.6	5.5	5.3	5.2	5.0	4.7	4.3	3.9	3.8	" " "
$p_2 =$	28.6	18.4	12.4	9.7	8.4	7.2	6.6	6.3	6.1	5.8	5.6	5.2	5.5	" " "

Hierbei entspricht p_0 der Transversalkraft oder dem Momente am Ende, p_1 dem Momente in der Mitte und p_2 der Transversalkraft in der Mitte für das nachstehende Belastungsschema:

3.6 3.9 3.6 3.8 1.7 1.7 4.4 1.4 1.4 1.4 4.6 1.7 1.7 4.4 1.4 1.3 1.4 5.5 1.4
8.2 8.2 8.2 8.2 10.7 10.7 10.7 12.5 12.5 12.5 12.5 10.7 10.7 10.7 12.5 12.5 12.5 12.5 12.5
1.4 1.4 1.4 4.4 1.7 1.7 3.8 3.6 3.8 3.7 Meter
12.5 12.5 10.7 10.7 10.7 8.2 8.2 8.2 8.2 Ton. pro Meter.

Für die Berechnung der Gurte, sowie des Gitterwerkes sind nun 6 bis 12 verschiedene Belastungs-Gleichwerthe einzuführen, welche entsprechend zwischen p_0 und p_1, bezüglich p_0 und p_2 zu interpoliren sind; nur bei Stützweiten über 75^m ist für die Gurte ein einziger, zwischen p_0 und p_1 liegender Belastungs-Gleichwerth einzuführen.

Zweck dieser Arbeit ist es nun, zu zeigen, wie die Belastungs-Gleichwerthe für die einzelnen Theile der Brücke in möglichst einfacher, dabei doch möglichst genauer Weise zu bestimmen sind. Selbstverständlich wird die Einfachheit immer nur durch eine Annäherung zu erzielen sein. Will man ganz genaue Resultate haben, so muss man sich der allerdings oft wesentlich grösseren Mühe unterziehen, bei der statischen Berechnung das Lastensystem so einzuführen, wie es ist. Indess ist für die Anwendung in der Praxis eine Annäherung recht wohl ausreichend, weil sich der Berechnung doch nur ein idealer Lastenzug zu Grunde legen lässt, der bei dem wirklichen Verkehre nicht genau zutrifft und von dem wohl auch mit der Zeit bei Beschaffung neuer Fahrbetriebsmittel Abweichungen eintreten; ferner weil die der Berechnung zu Grunde zu legenden Festigkeits-Coefficienten nicht genau festzustellen sind, namentlich aber, weil der einzuführende Sicherheitsgrad mehr oder weniger willkürlich ist.

Eine einfache Methode, Näherungszahlen der Belastungs-Gleichwerthe aufzustellen, ergiebt sich, wenn man der statischen Berechnung die »Methode der Influenzlinien« zu Grunde legt, welche in neuerer Zeit eine weitergehende Ausbildung und Verbreitung gefunden hat. Unter der Influenzlinie verstehen wir die Linie, welche entsteht, wenn man im jeweiligen Angriffspunkte einer über den Träger rollenden Einzellast die von dieser Last abhängige mechanische Grösse hinsichtlich eines ganz bestimmten Theiles, Schnittes oder Punktes des Trägers, als Ordinate aufträgt. Die in Frage kommende mechanische Grösse kann dabei eine verschiedene sein, z. B. eine Reaction nach bestimmter Richtung, eine Spannung, ein Moment, eine elastische Verschiebung nach bestimmter Richtung u. s. w. Die von der Influenzlinie und der angenommenen Axe eingeschlossene Fläche nennen wir die Influenzfläche. Die Grösse der rollenden Einzellast wollen wir stets gleich der Einheit annehmen. Die Bestimmung der Influenzlinien selbst, deren Form von der Trägergattung abhängt, wollen wir als bekannt voraussetzen.

Ist nun zu einer Influenzfläche die Belastung gegeben, so erhält man die derselben entsprechende mechanische Grösse Y durch Summirung der Producte Gy aus den Einzellasten G und der zugehörigen Ordinaten y, es ist also:

1. $$Y = \Sigma\, G y.$$

Diese Summirung kann durch Rechnung oder Construction erfolgen. Die im allgemeinen einfachste Construction entsteht, wenn man $\Sigma\, G y$ als Summe der Momente auffasst, die entstehen, wenn man sich die Lasten G am Ende der zugehörigen Ordinaten parallel zur Axe wirkend denkt. Construirt man das zugehörige Seilpolygon, so ist $\Sigma\, G y$ gleich dem Producte aus der angenommenen Poldistanz H und der zwischen den äussersten Seilpolygonseiten liegenden Strecke DE (Fig. 1) der Axe. Für eine geradlinige Influenzlinie ist $\Sigma\, G y$ auch gleich dem Producte aus der Gesammtlast $\Sigma\, G$ und der zum Mittelpunkte (Schwerpunkte) dieser Lasten gehörigen Ordinate, woraus auch andere Constructionen abgeleitet werden können. Den Lastenzug wird man in der Regel in diejenige Lage bringen müssen, bei welcher $\Sigma\, G y$ zum Maximum wird, was im Allgemeinen durch Probiren zu geschehen hat; bei speciellen Formen der Influenzfläche lassen sich dafür wohl auch bestimmte Regeln entwickeln.

Bei Annahme einer gleichmässigen Belastung erhält man die mechanische Grösse Y durch Multiplication des Flächeninhaltes F der Influenzfläche mit der Last p pro Längeneinheit. Es ist also $Y = Fp$ oder $= p \int y\, dx$, also

2. $$p = \frac{\Sigma\,(G y)}{F} = \frac{\Sigma\,(G y)}{\int y\, dx}.$$

Hiernach ist der Belastungs-Gleichwerth p durch die Länge und Form der Influenzfläche bestimmt, während die Höhe derselben ohne Einfluss ist. Es wird nun unsere Aufgabe sein, das Gesetz der Abhängigkeit näher festzustellen.

Man erhält die einfachsten, wenn auch noch zu wenig genauen Näherungsregeln, wenn man den Lastenzug ersetzt durch eine gleichmässig vertheilte Belastung p' pro Längeneinheit und ausserdem durch eine für sich verschiebbare Einzellast G, weil durch letztere einigermaassen den an die ungünstigste Stelle zu schiebenden schweren Lasten Rechnung getragen wird. Wir wollen einige Anwendungen behandeln.

Wir denken uns zunächst zwei affine Influenzflächen mit den Längen l, l_1 und den grössten Höhen h, h_1; zwei entsprechende Abscissen verhalten sich dann ebenfalls wie $l : l_1$, zwei entsprechende Ordinaten wie $h : h_1$. Die Flächen F, F_1 verhalten sich wie $l h : l_1 h_1$, wir können also, wenn A einen von der Form der Influenzfläche abhängigen Factor bezeichnet, $F = A l h$, $F_1 = A l_1 h_1$ setzen. Es wird daher für beide Fälle $Fp = Fp' + G h$, also

3. $$p = p' + \frac{G h}{F}$$

oder

$$4. \qquad p = p' + \frac{G}{Al}.$$

Sonach wird der Belastungs-Gleichwerth um so kleiner, je grösser die Länge l der Influenzfläche ist.

Das durch die Formel 4 dargestellte Gesetz ist in der That vielfach der Berechnung von Brücken zu Grunde gelegt worden, allerdings vielfach fehlerhaft in der Weise, dass man für l stets die Stützweite einführte, auch wenn die betreffende Influenzfläche nur einen Theil derselben einnahm und dass man A für alle Formen und Influenzflächen gleich gross annahm.

Sind die beiden Seiten AC', BC' (Fig. 2d) der dreieckig krummlinigen Influenzfläche Parabeln, welche in der Mitte der Sehnen AC', BC' von diesen den Verticalabstand $c = mh$ haben, so ist $F = \frac{1}{2}lh - \frac{2}{3}lc = \frac{1}{6}(3 - 4m)\,lh$, mithin nach Formel 3:

$$5. \qquad p = p' + \frac{6}{3 - 4m}\,\frac{G}{l}.$$

Für das wirkliche Dreieck (Fig. 2c) wird $m = 0$, mithin

$$6. \qquad p = p' + 2\frac{G}{l}.$$

Tangiren die Parabeln die Axe AB (Fig. 2a), so ist $m = 0.25$, also

$$7. \qquad p = p' + 3\frac{G}{l}.$$

Tangiren die Parabeln eine Parallele zur Axe AB in C' (Fig. 2d), so ist $m = -0.25$, mithin

$$8. \qquad p = p' + \frac{3}{2}\,\frac{G}{l}.$$

Nehmen wir hierzu noch das Rechteck, so ist für dasselbe $F = lh$, mithin

$$9. \qquad p = p' + \frac{G}{l}.$$

Hiernach wird der Belastungs-Gleichwerth um so grösser, je schneller die Influenzlinie von einem bestimmten Punkte C' aus abfällt. Die Lage des höchsten Punktes C' oder des Scheitels würde hiernach ohne Einfluss auf die Grösse des Belastungs-Gleichwerthes sein, was allerdings nicht ganz der Wirklichkeit entspricht. Wir wollen deshalb unter Zugrundelegung der wirklichen Belastung die hauptsächlichsten vorkommenden Formen der Influenzfläche noch genauer untersuchen.

Wir beschränken uns hierbei auf die specielle Anwendung auf einen Eisenbahnzug mit der folgenden Lastvertheilung:

Achsweite	1.3	1.3	4.0	1.5	1.5	4.4	1.3	1.3	4.0	1.5	1.5	3.0	3.0	3.0	3.0	Meter
Last	13	13	13	9	9	9	13	13	13	9	9	9	8	8	8	8 Ton.

Es sind hiernach nur zwei mit den Schornsteinen nach vorn gerichtete Lokomotiven vorausgesetzt, während meist drei Lokomotiven, von denen oft eine die umgekehrte Lage hat, vorausgesetzt werden. Die letztere Annahme giebt natürlich im Allgemeinen etwas grössere Belastungs-Gleichwerthe. Ich glaube indess, dass unsere Annahme recht wohl zulässig ist, wenn man die Berechnung mit Berücksichtigung der durch die Versuche Wöhler's über den Einfluss einer wiederholten Inanspruchnahme durchführt, weil es in dem Sinne dieser neueren Berechnungweise liegt, aussergewöhnliche Belastungen von der Berechnung auszuschliessen, wenn man ferner Constructionen mit grossen Secundenspannungen ausschliesst u. s. w. Indess handelt es sich in vorliegender Arbeit mehr nur um die Darlegung der Methode, als um das Aufstellen von unanfechtbaren Zahlen.

1. Das rechtwinklige Dreieck (Fig. 3), welches insbesondere als Influenzfläche für einen Stützendruck eines Balkenträgers (Fig. 3), sowie für die positiven und negativen Maxima der Transversalkräfte eines Balkenträgers (Fig. 4) auftritt. Bei der ungünstigsten Belastung sind die schwersten Lasten an das Ende A (Fig. 3) und die vordere Last nach A selbst zu bringen. Setzen wir in Formel 1. $y = \frac{hx}{l}$, so wird, wenn speciell p_0 den Belastungs-Gleichwerth für das rechtwinkelige Dreieck bedeutet,

10. $$Y = \frac{h}{l} \Sigma G x, \quad p_0 = \frac{2}{l^2} \Sigma G x.$$

Das Resultat der für den oben angegebenen Lastenzug angestellten Berechnung zeigt Fig. 19 (obere Linie) bis zu einer Länge von 60^{m}, in welcher l als Abscisse, $p_0 l$ als Ordinate aufgetragen ist. Die einzelnen Curven, aus denen diese Linie besteht, sind Hyperbeln, welche die Axe der y zur Asymptote haben. Angenähert lässt sich diese Linie durch zwei Gerade ersetzen. Man kann dieselbe leicht so bestimmen, dass die Summe der Quadrate der Abweichungen ein Minimum wird.[1]

[1] Setzt man für die Strecke AB: $y = y_0 - A(a - x)$, für die Strecke BC: $y = y_0 + B(x - a)$, wobei $BB' = y_0$ ist, so ergibt sich nach der Methode der kleinsten Quadratsummen

$$y_0 = \frac{4F}{c} - \frac{6}{c}\left(\frac{S_1}{a} + \frac{S_2}{b}\right), \quad A = \frac{3y_0}{2a} - \frac{3S_1}{a^3}, \quad B = -\frac{3y_0}{2b} + \frac{3S_2}{b^3},$$

Wenn man den Brechpunkt B' nach $l = 40^{\mathrm{m}}$ legt und nur Längen bis zu 150^{m} berücksichtigt,[2] so ergibt sich[3]

$$11.\quad \left.\begin{cases} l \leqq 40^{\mathrm{m}} & p_0 = 4.54 + \dfrac{30.6}{l} \\ l \geqq 40^{\mathrm{m}} & p_0 = 2.84 + \dfrac{98.6}{l} \end{cases}\right\} \text{Ton. pro Meter.}$$

Für Strassenbrücken würde sich für alle Längen eine einzige gerade Linie als Näherung voraussetzen lassen.

Man könnte sich der wirklichen Linie noch viel besser anschmiegen, wenn man für p_0 nicht das Gesetz $p_0 = A + \frac{B}{l}$, sondern das Gesetz $p_0 = A + \frac{B}{l} + \frac{C}{l^2}$ wählen würde. So ergibt sich für Längen über 25^{m}, wenn man die Lastwagen durch eine gleichmässige Belastung von $2^2/_3$ Tonnen pro Meter ersetzt, ziemlich genau

$$12.\quad p = 2.67 + \frac{130}{l} - \frac{1245}{l^2}.$$

Indess kann die Regel 11 recht wohl angewendet werden, da keine grössere Differenz als ungefähr 4 Procent für $l = 10$ bis 40^{m} und 3 Procent für $l > 40$ entsteht.

2. Das gleichschenklige Dreieck (Fig. 5), welches insbesondere für das Moment in der Mitte eines Balkenträgers und für den Horizontalschub eines Dreigelenkträgers als Influenzfläche auftritt. Als ungünstige Belastung ergibt sich diejenige, bei welcher die schwersten

wenn man $AB = a$, $BC = b$, $AC = c$ und zur Abkürzung

$$F = \int_0^c y\,dx,\quad S_1 = \int_0^a y\,(a - x)\,dx,\quad S_2 = \int_a^c y\,(x - a)\,dx$$

setzt. Hierin bedeutet F die Fläche, S_1, S_2 das statische Moment der betreffenden Flächenstücke in Beziehung auf die Axe BB'.

[2] Dafür wird $F = 22710$, $S_1 = 36522$, $S_2 = 1273340$ und dem entsprechend $y_0 = 106.06$, $A = 2.266$, $B = 1.424$.

[3] Wenn man die vordere Locomotive nebst Tender umkehrt, dementsprechend das Belastungsschema:

Achsenweite	1.5	1.5	4.0	1.3	1.3	5.2	1.3	1.3	4.0	1.5	1.5	3.0	3.0	3.0	Meter
Last.	9	9	9	13	13	13	13	13	13	9	9	9	8	8	8 Ton.

anwendet, so ergeben sich bei Längen über 25^{m} die Belastungs-Gleichwerthe kleiner. Bei kleineren Spannweiten können dieselben indess bis zu 5 Procent grösser werden.

Wenn man drei Locomotiven mit Tendern und mit nach vorn gerichteten Schornsteinen voraussetzt, so werden dagegen die Belastungs-Gleichwerthe bei Längen über 25^{m} grösser und zwar bei 40 50 60 80 100 125 150 200^{m} Länge um ungefähr bezüglich 5 8 9 9 9 8 8 7 Procent.

Lasten mehr in der Mitte concentrirt sind, die Gesammtlast in jeder Hälfte möglichst gleich gross ist und eine Last über der Mitte C liegt. Liegen auf der linken und rechten Hälfte die Lasten G_1, G_2 im Abstande x_1, x_2 von den Enden, so wird nach Formel 1., wenn speciell p_1 den Belastungs-Gleichwerth für das gleichschenklige Dreieck bedeutet,

$$13.\quad Y = \frac{2h}{l}[\Sigma(G_1x_1) + \Sigma(G_2x_2)], \quad p_1 = \frac{4}{l^2}[\Sigma(G_1x_1) + \Sigma(G_2x_2)].$$

Das Resultat der Rechnung für obigen Belastungszug zeigt Fig. 19 (untere Linie). Hiernach wird p_1 wesentlich kleiner als p_0. Es findet dies insbesondere darin seine Erklärung, dass bei gleicher Höhe die Ordinaten in gleichem Abstande vom Scheitel beim rechtwinkligen Dreiecke grösser sind, als beim gleichschenkligen. Man kann auch hier wieder die Curve durch zwei gerade Linien ersetzen. Das Verhältniss $\frac{p_1}{p_0}$ ergibt sich innerhalb der Längen von 75^m bis 200^m zu 0.835 bis 0.855; bei kleineren Längen ist dieses Verhältniss allerdings mehr veränderlich, indess zwischen 4 und 75^m Länge schwankt $\frac{p_1}{p_0}$ ebenfalls nur zwischen 0.83 und 0.89, so dass es sich der Einfachheit wegen wohl empfiehlt, ein constantes Verhältniss als Näherung einzuführen. Man kann durchschnittlich etwa

$$14.\quad p_1 = 0.86\, p_0$$

setzen.[1] Bestimmt man hierbei p_0 nach den Formeln 11., so ist der Fehler bei kleinen und grossen Längen höchstens 3 Procent.

Bei Längen über 99^m ergibt sich, wenn man wieder die Lastenwagen durch eine Last von $2^2/_3$ Tonnen pro Meter ersetzt, genau

$$15.\quad p_1 = \frac{8}{3} + \frac{5666}{l^2}.$$

3. Das Dreieck im Allgemeinen (Fig. 6), welches für die Momente, Transversalkräfte und Spannungen bei allen statisch bestimmten Systemen als Influenzfläche auftritt. Die ungünstigste Belastung ist hier diejenige, bei welcher die schwersten Lasten in der Nähe des Scheitels C concentrirt sind, die Last pro Längeneinheit auf jeder Seite möglichst

[1] Wenn man die vordere Locomotive umkehrt, so wird p_1 nur sehr wenig grösser und zwar höchstens um 2.5 Procent, bei Längen über 100^m höchstens um 0.5 Procent.
Wenn man drei nach vorn gerichtete Locomotiven voraussetzt, so wird p_1 bei Längen über 30^m grösser und zwar bei 40 50 60 80 100 125 150 200^m um bezüglich 6 13 13 16 15 12 9 5 Procent. Das Verhältniss $\frac{p_1}{p_0}$ wird hier durchschnittlich 0.88.

gleich gross ist und eine Last im Scheitel C liegt. Liegen auf jeder Seite die Lasten G_1, G_2 in den Abständen x_1, x_2 von den Enden, so wird, wenn man $AC = l_1$, $BC = l_2$ setzt, und den Belastungs-Gleichwerth speciell für das Dreieck mit p' bezeichnet,

$$16. \qquad Y = h\left[\frac{1}{l_1}\Sigma(G_1x_1) + \frac{1}{l_2}\Sigma(G_2x_2)\right], \quad p' = \frac{2Y}{lh}.$$

In den Figuren 20 bis 24 ist p' für eine Länge 10, 20, 50, 100 und 200^m graphisch dargestellt[1], indem l_1, l_2 als Abscissen, p' als Ordinate aufgetragen sind. Die betreffenden Curven sind Linien dritten Grades, nur für $G_1 = 0$ oder $G_2 = 0$ werden dieselben Hyperbeln. Nach diesen graphischen Darstellungen ist es allerdings nicht wohl möglich, p' durch ein einfaches Gesetz auszudrücken. Vielfache Versuche führten dazu, dass das einfache Parabelgesetz

$$17. \qquad p' = p_0 - 4(p_0 - p_1)\frac{l_1 l_2}{l_2}$$

die durchschnittlich am besten passenden Resultate gibt. Setzt man hierbei $p_1 = 0.86\, p_0$, so wird

$$18. \qquad p' = p_0\left(1 - 0.56\frac{l_1 l_2}{l^2}\right) = p_0[1 - 0.56\, n(1-n)],$$

wenn man $l_1 = nl$, $l_2 = (1-n)l$ setzt. Bei Anwendung dieser Näherungsregel ergaben sich die grössten Fehler bei Längen von 10 20 30 50 75 100 150 200 Meter zu bezüglich 2.8 5.3 2.0 2.3 3.2 2.3 1.8 2.6 Procent.

Ein mit den Näherungsregeln 11 vollkommen im Einklange stehender Ausdruck für p' lässt sich in folgender Weise entwickeln. Der Belastungszug bedecke in Fig. 8 die Strecke BD. Der für die Dreiecke BDD' und $C'D'D''$ nach der für das rechtwinklige Dreieck aufgestellten Regel anzunehmende Belastungs-Gleichwerth sei p_1, p_2; alsdann ist $Y = p_1 \cdot \triangle BDD' - p_2 \cdot \triangle C'D'D''$. Setzen wir $CD = x$, $CC' = h$, so ergiebt sich leicht

$$\triangle BDD' = \frac{h(l_2 + x)^2}{2\, l_2}, \quad \triangle C'D'D'' = \frac{hlx^2}{2\, l_1 l_2}.$$

[1] Die an die Curven geschriebene Zahl bedeutet die am Scheitel der Influenzlinie liegende Last. Für $l = 100$ ist von der Linie IV bis VI und X bis XII nur diejenige mit dem Maximum von p' beibehalten. Für $l = 200$ ist von der Linie IV bis VI, VII bis IX und X bis XII ebenfalls nur das Maximum beibehalten; die Güterwagen sind hier als gleichmässige Belastung von 2.67 Ton. pro Meter aufgefasst. Die Hyperbel A entspricht dem Falle, dass der Scheitel der Influenzfläche in diese gleichmässige Belastung fällt.

Setzt man nun den Formeln 11. entsprechend $p_1 = A + \frac{B}{l_2 + x}$, $p_2 = A_1 + \frac{B_1}{x}$ und $Y = \frac{1}{2} p l h$, so wird

$$19. \qquad p' = \frac{l_2 + x}{l\, l_2}[A(l_2 + x) + B] - \frac{x}{l_1 l_2}[A_1 x + B_1].$$

Hierin ist nun x so zu wählen, dass p' zum Maximum wird. Indem man den Differentialquotienten von p' nach $x = 0$ setzt, erhält man

$$20. \qquad \begin{cases} x = \dfrac{2 A l n (1 - n) + B n - B_1}{2(A_1 - A n)}, \\ l_2 + x = \dfrac{2 A_1 l (1 - n) + B n - B_1}{2(A_1 - A n)}. \end{cases}$$

Die Einsetzung gibt[1]

$$21. \qquad p' = \frac{A_1 B - A B_1 + A A_1 l (1 - n)}{(A_1 - A n) l} + \frac{(B_1 - B n)^2}{4(A_1 - A n) l n (1 - n)}.$$

Es ist möglich, dass sich nach Formel 20. der Werth von $l_2 + x$ kleiner ergiebt, als der Werth a desjenigen l, für welches sich nach beiden der Formeln 11. gleiche Werthe ergeben ($l = 40^{m}$); in diesem Falle ist a für $l_2 + x$ oder $x = a - l_2$ zu setzen und p' nach Formel 19. zu berechnen. Setzt man hierin $A + \frac{B}{a} = A_1 + \frac{B_1}{a}$, so ergibt sich

$$22. \qquad p' = A_1 - [A_1(l - a) - B_1]\frac{l - a}{l^2 n}.$$

[1] Beispiel. Für $l = 50$, $A = 2.84$, $A_1 = 4.54$, $B = 98.6$, $B_1 = 30.6$ wird nach Formel 20. und 21.:

$$l_2 + x = \frac{46.6 - 39.1\, n}{1 - 0.625\, n}, \quad p' = \frac{1.58 + 2.84(1 - n)}{1 - 0.625\, n} + \frac{0.0206(1 - 3.22\, n)^2}{(1 - 0.625\, n)\cdot n(1 - n)}.$$

Hiernach ergibt sich

$n =$	0	0.085	0.1	0.2	0.3	0.4	0.447	0.5
$l_2 + x =$	46.6	45.8	45.6	44.4	42.9	41.3	40.0	39.3
$p' =$	∞	4.57	4.53	4.42	4.39	4.39	4.40	4.41.

Für $n = 0$ bis 0.085 ist statt dessen nach Formel 26 $p' = 4.81 - 2.84 n$ zu setzen, also für $n = 0$ und 0.085 bezüglich $p' = 4.81$ 4.57. Ferner ist für $n = 0.447$ bis 0.5 statt dessen nach Formel 22.: $p' = 4.54 - \frac{0.059}{n}$, also für $n = 0.447$ und 0.5 bezüglich $p' = 4.41$ 4.42. Nach der genauen Bestimmung ergibt sich für $n = 0$ 0.1 0.2 0.3 0.4 0.5 bezüglich $p' = 4.77$ 4.51 4.32 4.26 4.24 4.24, also bezüglich 0.8 0.4 2.3 2.9 3.4 4.0 Procent kleiner.

Für $a = 40$, $A_1 = 4.54$, $B_1 = 30.6$ wird

$$p' = \frac{398.8\, l - 4.54\, l l_2 - 8488}{l l_1};$$

hier tritt dieser Fall ($l_2 + x < a$) ein für

$$(1 - n) l < 43.7 - 35.9 n.$$

Für kleine Werthe von l_1 ergibt sich x negativ; statt dessen ist $x = 0$ zu setzen. Dies gibt einfach

23. $$p' = A(1 - n) + \frac{B}{l}.$$

Wenn x und $l_2 + x$ innerhalb der Grenzen liegen, für welche sich pl durch eine einzige gerade Linie darstellen lässt, so ist $A = A_1$, $B = B_1$ zu setzen. Es wird dann wesentlich einfacher

24. $$x = nl - \frac{B_1}{2A_1}, \quad l_2 + x = l - \frac{B_1}{2A_1},$$

25. $$p' = A_1 + \frac{B_1^2}{4A_1 n l^2}$$

und für kleine Werthe von x, für welche sich nach Formel 24. x negativ ergeben würde,

26. $$p' = A_1(1 - n) + \frac{B_1}{l}.$$

Bei kleinen Längen kann indess hiernach eine zu grosse Abweichung von der Wahrheit eintreten, weil in dieser Entwickelung angenommen wurde, dass die schweren Locomotivräder vorausschreiten, während in Wahrheit zu beiden Seiten der Locomotivräder noch Tenderräder anzunehmen sind.

Obwohl man durch diese Methode im Allgemeinen p' genauer bestimmen kann, als durch die Formel 18., so wird man doch wohl die einfachere Anwendung dieser letzteren Regel vorziehen. Es kommen indess bei Bestimmung der Spannungen im Gitterwerke oft Dreiecke vor, bei denen n nur klein ist, so dass sich diese Dreiecke dem rechtwinkligen nähern. Für diese Dreiecke sind die Formeln 23. und 26. bequem anzuwenden.

4. Das abgestumpfte Dreieck (Fig. 9). Bei statisch bestimmten Systemen werden die Influenzlinien Gerade; der Durchschnittspunkt C' derselben entspricht für einen Stab eines Stabsystems dem sogenannten conjugirten Punkte desselben, in welchem sich die mit vom Schnitte getroffenen Stäbe schneiden. Wenn nun dieser Punkt zwischen denjenigen Punkten D und E liegt, an denen sich die Last auf den Träger überträgt, also zwischen den Querträgern oder Knotenpunkten, so wird

die dreieckige Influenzfläche $AC'B$ durch die Gerade $D'E'$ abgestumpft. Als gefährlichste Belastung ergibt sich hier leicht diejenige, bei welcher die Belastung der beiden Strecken AC und BC pro Längeneinheit wiederum möglichst gleich gross ist; hierbei ist aber die innerhalb DE liegende Last in dem Verhältnisse von $DC : EC = e_1 : e_2$ zu zerlegen und diese beiden Theile sind bezüglich zur linken und rechten Belastung zu rechnen.

Wir wollen hier zunächst die im vorigen Falle angewendete Methode der Zurückführung auf das rechtwinklige Dreieck anwenden. Wir nehmen an, dass das vordere Lokomotivrad bei F stehen müsse. Alsdann können wir

$$Y = p_1 \cdot \triangle BFF' - p_2 \cdot \triangle E'F'F'' - p_3 \cdot \triangle D'F''F'''$$

setzen, wenn wir die für die drei genannten Dreiecke nach dem Gesetze des rechtwinkligen Dreiecks zu bestimmenden Belastungs-Gleichwerthe mit p_1, p_2, p_3 bezeichnen. Wir wollen nach den Formeln 11 für $CF = x$.

$$p_1 = A + \frac{B}{l_2 + x}, \quad p_2 = A_1 + \frac{B_1}{x + e_2}, \quad p_3 = A_1 + \frac{B_1}{x - e_1}$$

setzen. Es ergibt sich ferner leicht, wenn man $e_1 + e_2 = e$ setzt,

$$\triangle BFF' = \frac{(l_2 + x)^2 h}{2\, l_2}, \quad \triangle E'F'F'' = \frac{(x + e_2)^2 l h e_1}{2\, l_1 l_2 e}, \quad \triangle D'F''F''' = \frac{(x - e_1)^2 l h e_2}{2\, l_1 l_2 e}.$$

Die Einsetzung gibt

$$\frac{2\, Y l_1 l_2}{h} = [A(l_2 + x)^2 + B(l_2 + x)]l_1 - [A_1(x^2 + e_1 e_2) + B_1 x]l.$$

Setzt man den Differentialquotienten von Y nach $x = 0$, so erhält man denselben Werth von x, wie für die dreieckige Influenzfläche nach Formel 20. Setzt man den Werth von Y für die dreieckige Influenzfläche $= Y'$, so wird demnach sehr einfach

27. $$Y = Y' - A_1 \frac{e_1 e_2}{l_1 l_2} \frac{l h}{2}.$$

Es ergibt sich ferner

28. $$F = \tfrac{1}{2} l h \left(1 - \frac{e_1 e_2}{l_1 l_2}\right),$$

mithin, wenn man $Y' = \frac{1}{2} l h p'$ setzt,

29. $$p = p' - \frac{(A_1 - p')\, e_1 e_2}{l_1 l_2 - e_1 e_2}.$$

Für $e_1 = e_2 = \frac{1}{2} e$, $l_1 = n l$, $l_2 = (1 - n) l$ wird

30. $$p = p' - \frac{(A_1 - p')\, e^2}{4 n (1 - n) l^2 - e^2}.$$

Die Abweichung von p gegen p', welche theils positiv, theils negativ ausfallen kann, ergibt sich hiernach bei den in der Regel vorhandenen kleinen Werthen von $\frac{e}{l}$ nur klein, so dass für die praktische Anwendung $p = p'$ gesetzt werden kann. In der Regel wird es sich indess nicht um die Bestimmung von p, sondern von Y handeln, welche am besten nach Formel 27. erfolgen wird.

Die genaue Berechnung für $n = 0.1$ 0.2 0.3 0.4 0.5 und für $e_1 = e_2 = \frac{1}{2}e$, $e = 0.1\,l$ gab das p etwas kleiner, als p' und zwar für $l = 5^m$ um 1.1 bis 5.2 Procent, für $l = 10^m$ um 0.3 bis 6.0 Procent, für $l = 20^m$ um 1.5 bis 2.4 Procent, für $l = 30^m$ um 0.7 bis 2.0 Procent, für $l = 50^m$ um -0.3 bis 3.3 Procent, für $l = 75^m$ um 0.1 bis 1.6 Procent, für $l = 100^m$ um 0.2 bis 1.9 Procent, für $l = 150^m$ um -0.1 bis 1.2 Procent.

5. Das Vieleck. Beim beliebigen Vieleck kann die Bestimmung des Belastungs-Gleichwerthes auf Grundlage des rechtwinkligen Dreiecks in gleicher Weise erfolgen, wie beim Dreieck. Man wird hier zunächst diejenige Seite DE (Fig. 10), innerhalb welcher der Kopf H des Zuges liegen wird, durch Schätzung zu bestimmen haben. Bezeichnen wir nun die Längen $BH, FH, GH \ldots$ mit $x, x_1, x_2, \ldots$ die Neigungswinkel der Seiten $BC, CD, DE, \ldots$ gegen AB mit $\alpha, \alpha_1, \alpha_2, \ldots$ und nehmen wir an, dass beim recktwinkligen Dreiecke bei den Längen $x, x_1, x_2, \ldots$ bezüglich $px = Ax + B$, $p_1x_1 = A_1x_1 + B_1$, $p_2x_2 = A_2x_2 + B_2, \ldots$ zu setzen sei und setzen wir noch $\tan\alpha = t$, $\tan\alpha - \tan\alpha_1 = t_1$, $\tan\alpha_1 - \tan\alpha_2 = t_2, \ldots$ so ergibt sich leicht, dass das Maximum von Y eintritt für

$$31. \quad x = -\frac{Bt - B_1t_1 - B_2t_2 - \ldots + 2(A_1a_1t_1 + A_2a_2t_2 + \ldots)}{2(At - A_1t_1 - A_2t_2 - \ldots)}$$

und zwar wird das Maximum von Y

$$32. \quad Y = -\tfrac{1}{2}(A_1a_1^2t_1 + A_2a^2t_2 + \ldots) + \tfrac{1}{2}(B_1a_1t_1 + B_2a_2t_2 + \ldots) - \frac{[Bt - B_1t_1 - B_2t_2 - \ldots + 2(A_1a_1t_1 + A_2a_2t_2 + \ldots)]^2}{8(At - A_1t_1 - A_2t_2 - \ldots)}.$$

Indess wird wohl selten von diesen Formeln Anwendung zu machen sein.

Beim Dreigelenk-Bogenträger kann die viereckige Influenzfläche in der Form Fig. 11 vorkommen. Bei kleinen Längen wird hier die Bestimmung in der eben gezeigten Weise zu ungenau und bei grossen Längen wird der Kopf des Zuges gewöhnlich in die Seite CD fallen; dann aber hat Y ganz denselben Werth, wie für das Dreieck BCE. Ist der Belastungs-Gleichwerth für die Flächen $ADCB$ und BCE bezüglich p, p', der Flächeninhalt dieser Figuren F, F', so ist dann also $Y = F'p' = Fp$, also

$$33. \quad p = p'\frac{F'}{F}.$$

Bei statisch unbestimmten Systemen bildet die Influenzlinie ebenfalls ein Polygon, wenn sich die Last nur an bestimmten Punkten (durch Querträger) auf die Construction übertragen kann. Allein hier kann man die Polygone in der Regel mit grosser Annäherung durch Curven vertauschen, die wir im Folgenden noch behandeln werden.

Die Polygone, welche bei mehrtheiligen Gittersystemen vorkommen, bedürfen einer besonderen Behandlung, auf welche wir hier indess nicht eingehen wollen.

6. Symmetrische Parabelfläche als Näherungsform der bei verschiedenen statisch unbestimmten Systemen vorkommenden Influenzflächen. Bei der ungünstigsten Belastung liegt hier der Schwerpunkt der Belastung in der Mitte, oder, falls dies bei der gegebenen Belastung nicht möglich ist, der Mitte möglichst nahe. Es wird hier (Fig. 12)

34. $$Y = h\left[\Sigma G - \frac{4}{l^2}\Sigma(Gx^2)\right], \quad p = \frac{3Y}{2lh}.$$

Bei Spannweiten über 50^m ergibt sich die ungünstigste Entfernung der vorderen Last vom nächsten Ende $= 0.17\,l$ bis $0.12\,l$, genauer $0.09\,l + 4^m$. Bei einigen Längen ergibt sich durch genaue Berechnung das folgende Verhältniss des Belastungs-Gleichwerthes p zu den Belastungs-Gleichwerthen p_1 und p_0 für das gleichschenklige und rechtwinklige Dreieck:

$l =$	5	10	15	20	30	50	75	100	150	200	Meter.
$\frac{p}{p_1} =$	0.94	0.87	0.90	0.94	1.00	0.96	0.97	0.99	1.01	1.01	Tonnen pro Meter.
$\frac{p}{p_0} =$	0.83	0.72	0.75	0.80	0.85	0.85	0.83	0.83	0.86	0.86	" " "

Man wird hiernach bei Längen von 15 bis 150^m durchschnittlich

35. $$p = 0.96\,p_1 = 0.82\,p_0$$

setzen können.

Wenn man hier die unter 5. befolgte Bestimmung anwendet, so ergibt sich, falls man für $l < a$: $pl = A_1 l + B_1$, für $l > a$ aber $pl = Al + B$ setzen kann und wenn der Kopf des Zuges vom rechten Ende den Abstand ξ hat,

$$\frac{Yl^2}{p} = 2l(A\xi^2 + B\xi) - 4\int_0^a (A_1 x^2 + B_1 x)\,dx - 4\int_a^\xi (Ax^2 + Bx)\,dx.$$

Die Ausführung gibt, wenn man $Y = \frac{2}{3}plh$ setzt,

36. $$p = -2(A_1 - A)\frac{a^3}{l^3} + 3(B - B_1)\frac{a^2}{l^3} + 3B\frac{\xi}{l^2} + 3A\frac{\xi^2}{l^2} - 3B\frac{\xi^2}{l^3} - 2A\frac{\xi^3}{l^3}.$$

Für kleine Längen ist $a = 0$ und A_1, B_1 für A, B zu setzen. Setzt

man die den Formeln 11. entsprechenden Werthe von a, A, B, A_1, B_1 ein, so findet man, dass p zum Maximum wird für

37. $$\begin{cases} \text{kleine Längen: } \xi^2 - (l - 6.74)\,\xi = 3.37\,l \\ \text{grosse Längen: } \xi^2 - (l - 34.72)\,\xi = 17.36\,l. \end{cases}$$

Annähernd ergibt sich hiernach für kleinere Längen $l - \xi = 3.37 - \frac{10}{l}$, für grössere Längen $l - \xi = 17.3 - \frac{276}{l}$. Die specielle Berechnung gibt:

$l =$ 5	10	15	20	30	50	75	100	150	200	Meter.
$p =$ 7.46	5.56	5.05	4.85	4.69	4.38	3.43	3.15	2.97	2.91	Tonnen pro Meter.

Bei grösseren Längen zeigt sich mit den genauen Werthen eine leidliche Übereinstimmung.

In vielen Fällen wird man sich der für die symmetrische Parabelfläche aufgestellten Regel als Näherung bedienen können.[1]

7. Unsymmetrische Parabelfläche. Wir betrachten zunächst die Parabelfläche, bei welcher der Parabelscheitel an einem Ende liegt (Fig. 13). Hier ist die gefährlichste Belastung dieselbe, wie beim entsprechenden rechtwinkligen Dreieck $AA'B$. Es ergibt sich:

38. $$Y = h\left[\Sigma G - \frac{1}{l^2}\,\Sigma\,(Gx^2)\right], \quad p = \frac{3\,Y}{2\,l\,h}.$$

Die genaue Berechnung gibt für einige Längen:

$l =$ 5	10	15	20	30	50	75	100	150	200	Meter,
$\frac{p}{p_0} =$ 0.90	0.90	0.91	0.93	0.95	0.94	0.94	0.95	0.96	0.96	Tonnen pro Meter.

Für $l = 15$ bis 150^{m} kann man hiernach durchschnittlich

39. $$p = 0.94\,p_0$$

setzen.

[1] Beispielsweise ergibt sich bei $l = 20^{\text{m}}$ für die wirkliche Parabelfläche mit der Gleichung $y = h\left(1 - 4\frac{x^2}{l^2}\right)$: $Y = 65.29\,h$, $F = 13.33\,h$, $p = 4.897$. Für den Horizontalschub eines parabelförmigen, flachen Bogens mit Kämpfergelenken und constantem Querschnitt wird $y = \frac{h}{5}\left(1 - 4\frac{x^2}{l^2}\right)\left(5 - 4\frac{x^2}{l^2}\right)$; hier ergiebt sich durch genaue Berechnung $Y = 62.82\,h$, $F = 12.80\,h$, $p = 4.908$, d. i. nur 0.2 Procent gegen den vorigen Werth verschieden. Für die Durchbiegung eines geraden Stabes constanten Querschnittes in seiner Mitte wird $y = h\left(1 - 2\frac{x}{l}\right)\left(1 + 2\frac{x}{l} - 2\frac{x^2}{l^2}\right)$; hier ergiebt sich $Y = 61.57\,h$, $F = 12.50\,h$, $p = 4.925$, d. i. nur um 0.5 Procent gegen den Werth für die Parabel verschieden. Für den Horizontalschub des flachen Parabelbogens constanten Querschnittes ohne Gelenk wird $y = h\left(1 - 4\frac{x^2}{l^2}\right)^2$; hier ergibt sich $Y = 52.95\,h$, $F = 10.67$, $p = 4.964$, d. i. gegen den Werth für die Parabel um 1.3 Procent verschieden, obwohl die Abweichung dieser Influenzlinie von der Parabel ziemlich bedeutend ist.

BIBLIOTHECA REGIA MONACENSIS

Unter Anwendung der für das rechtwinklige Dreieck aufgestellten Näherungsregeln ergibt sich hier leicht

40. $$p = A + \frac{3B}{4l} - \tfrac{1}{2}(A_1 - A)\frac{a^3}{l^3} + \tfrac{3}{4}(B - B_1)\frac{a^2}{l^3}$$

und, wenn $l \leqq a$ ist,

41. $$p = A_1 + \frac{3B}{4l}.$$

Die Einsetzung der den Formeln 11. entsprechenden Zahlenwerthe gibt

42. $$\begin{cases} l \overline{\gtrless} 40^{\mathrm{m}}: p = 4.54 + \dfrac{23.0}{l} \\ l \overline{\gtrless} 40^{\mathrm{m}}: p = 2.84 + \dfrac{94.0}{l} + \dfrac{27200}{l^3}. \end{cases}$$

Kleinere Spannweiten ausgenommen, ist die Übereinstimmung mit den genauen Werthen eine leidliche.

Es lassen sich nun auch noch die Regeln für die Zusammensetzung zweier Parabelflächen mit verschiedenem Parameter (Fig. 14) aufstellen. Wir wollen indess davon absehen, weil sich für die beiden extremen Fälle, dass sich der Scheitel in der Mitte und am Ende befindet, die nahe übereinstimmenden Näherungswerthe $0.96\,p'$ und $0.94\,p'$ ergeben haben, wenn p' den Belastungs-Gleichwerth für das entsprechende Dreieck $AC'B$ bezeichnet, und weil bei den vorkommenden Influenzlinien, für welche die Doppelparabel als Näherung dienen könnte, der Scheitel nie viel von der Mitte abweicht, so dass für diese Fälle annähernd durchschnittlich

43. $$p = 0.96\,p'$$

gesetzt werden kann.[1]

[1] Beispiel. Bei einem Zweigelenk-Bogenträger mit flacher parabolischer Axe und constantem Querschnitt ergibt sich für das Biegungsmoment M für einen in der Mitte zwischen dem Kämpfer und Scheitel liegenden Querschnitt, wenn a die halbe Spannweite bedeutet, der Ausdruck

$$\text{Last links: } M = \frac{3}{4}\left(1 - \frac{x}{a}\right)\left[1 - \frac{5}{64}\frac{(a+x)(5a^2 - x^2)}{a^3}\right],$$

$$\text{Last rechts: } M = \frac{1}{4}\left(1 + \frac{x}{a}\right)\left[1 - \frac{15}{64}\frac{(a-x)(5a^2 - x^2)}{a^3}\right].$$

Hierbei ist die halbe Spannweite und die Einzellast als Einheit angenommen. Die Influenzlinie hat hiernach die in Fig. 15 dargestellte Form. Für eine Spannweite von 40^{m} ergibt sich für das negative Moment nach genauer Bestimmung: max. $Y = 6.243$. Da die negative Influenzfläche sich zu 1.316 ergibt, so ist der Belastungs-Gleichwerth $p = \frac{6.243}{1.316} = 4.744$. Für eine symmetrische Parabelfläche von derselben Länge (22.84^{m})

8. Parabeldreieck mit einer geraden Grundlinie und zwei parabolischen Seiten als Näherungsform für verschiedene bei statisch unbestimmten Systemen auftretende Influenzlinien. Wir setzen zunächst voraus, dass die Parabeln die Axe A und B mit ihren in A und B liegenden Scheiteln tangiren (Fig. 16). Bei der gefährlichsten Belastung sind die schwersten Lasten in der Nähe von C zu concentriren und eine Last nach C zu verlegen. Man kann ausserdem noch den Satz aufstellen, dass die statischen Momente der in AC und BC liegenden Lasten für A und B, dividirt durch die Quadrate von AC und BC möglichst gleich sein sollen; gewöhnlich ist die gefährlichste Belastung dieselbe, wie beim entsprechenden Dreiecke $AC'B$. Es wird nun

44. $$Y = \frac{h}{l_1^2}\Sigma(G_1x_1^2) + \frac{h^2}{l_2^2}\Sigma(G_2x_2^2), \quad p = \frac{3Y}{lh},$$

wenn die in AC und BC liegenden Lasten G_1, G_2 von A und B die Abstände x_1, x_2 haben.

Die für einzelne Spannweiten durch genaue Berechnung[2] bestimmten Verhältnisse der Werthe von p gegen die entsprechenden Werthe von p' für das entsprechende Dreieck $AC'B$ sind in folgender Tabelle zusammengestellt.

l	$\frac{p}{p'}$ für $\frac{l_1}{l} =$					
Meter	0	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5
5	1.20	1.18	1.17	1.16	1.13	1.12
7.5	1.29	1.25	1.23	1.21	1.20	1.22
10	1.20	1.22	1.24	1.18	1.23	1.26
15	1.19	1.19	1.13	1.16	1.17	1.19
20	1.12	1.14	1.11	1.12	1.14	1.11
30	1.10	1.09	1.08	1.06	1.06	1.08
50	1.12	1.10	1.10	1.07	1.09	1.09
75	1.12	1.11	1.10	1.09	1.11	1.13
100	1.11	1.11	1.09	1.10	1.12	1.13
150	1.11	1.09	1.09	1.09	1.07	1.07

Hiernach kann man für Längen von 20 bis 150^m durchschnittlich

45. $$p = 1.10\,p'$$

ergibt sich aber nach genauer Berechnung $p = 4.711$. Nach unseren Näherungsregeln (Formel 11., 18. und 43.) wird

$$p = 0.96\left(4.54 + \frac{30.6}{22.84}\right)\left(1 - 0.56\,\frac{10.3 \cdot 12.54}{22.84^2}\right) = 0.96 \cdot 5.88 \cdot 0.861 = 4.86,$$

d. i. 2.4 Procent zu gross.

[2] Bei den für die vorliegende Arbeit nöthigen Rechnungen, deren Resultate hier nur theilweise mitgetheilt sind, wurde ich von Hrn. Ingenieur VON OSSOWSKI unterstützt.

setzen und zwar erhält man hierdurch p bis auf mindestens 3.5 Procent genau. Für kleinere Werthe von l erhält man hiernach aber p etwas zu klein. Eine einfache Gesetzmässigkeit ist hier überhaupt nicht aufzustellen. Berechnet man p nach der Regel

46. $$p = (1.36 - 0.013\,l)\,p',$$

so erhält man p für Längen über 7.5^{m} bis auf mindestens 4.5 Procent genau.

Wenn nun die Parabeln die Axe AB nicht tangiren, so lässt sich der Belastungs-Gleichwerth einfach durch Interpolation zwischen dem Dreieck ACB und der Parabelfläche mit tangirenden Parabeln bestimmen. Bezeichnen wir die verticale Höhe der Parabeln in der Mitte von AC und BC bis zu den Sehnen AC', BC' gemessen, indem wir diese Höhe auf beiden Seiten als gleich voraussetzen, mit c, den Werth von Y für das Dreieck $AC'B$ mit Y', für die tangirenden Parabeln mit Y'', so können wir annähernd setzen

$$Y = Y' - 4\,(Y' - Y'')\,\frac{c}{h},$$

weil für $c = 0$ $Y = Y'$ und für $c = \frac{1}{4}h$ $Y = Y''$ werden muss. Setzen wir $Y' = \frac{1}{2}lhp'$, $Y'' = \frac{1}{3}lhp''$, $Y = Fp = \frac{1}{6}lh\left(3 - 4\frac{c}{h}\right)$, so wird

47. $$p = p' + p''\,\frac{8c}{3h - 4c}\,.$$

oder, wenn wir $F = \frac{1}{6}lh\left(3 - 4\frac{c}{h}\right)$ oder $\frac{c}{h} = \frac{3}{4} - \frac{3F}{2lh}$ setzen,

48. $$p = 3p' - 2p'' + \frac{lh}{F}\,(p'' - p').$$

Setzt man, entsprechend der Formel 45 $p'' = 1.1\,p'$, so wird[1]

[1] Beipiel. Für den oberen Theil der in Fig. 15 dargestellten Influenzfläche wird annähernd nach Formel 11 und 18

$$p' = \left(4.54 + \frac{30.6}{17.16}\right)\left(1 - 0.56\,\frac{10 \cdot 7.16}{17.16^2}\right) = 6.32 \cdot 0.864 = 5.46.$$

Es ergibt sich nun $lh = 17.16$, $F = 0.3957 \cdot 20\,h = 7.914\,h$, $\frac{lh}{F} = 2.16$, mithin nach Formel 49 $p = p'\,(0.8 + 0.1 \cdot 2.16) = 1.016\,p' = 1.016 \cdot 5.46 = 5.55$. In Wirklichkeit ergibt sich $p = 5.43$, wenn man, wie dies bei Aufstellung der Näherungsregeln 11 angenommen wurde, AB als eine in A und B unterstützte Trägeröffnung ansieht, so dass die ausserhalb AB liegenden Räder nicht mitzurechnen sind; es würde dann die ungünstigste Belastung diejenige sein, bei welcher innerhalb AC ein Tender, innerhalb BC neben der Locomotive noch ein Tenderrad liegt; rechnet man das letztere, als hier nicht möglich, nicht mit, so ergibt sich nur $p = 5.26$.

49. $$p = p'\left(1 + \frac{8.8\,c}{3\,h - 4\,c}\right) = p'\left(0.8 + 0.1\,\frac{l\,h}{F}\right).$$

Es passt diese Regel selbst noch für den Fall, dass c negativ ist; für die Form Fig. 14 wird $F = \frac{2}{3}\,l\,h$, also nach Formel 49 $p = 0.95\,p'$, was mit der Formel 43 nahezu übereinstimmt.

9. Das Rechteck. Das Rechteck kommt zwar nur untergeordnet als Influenzfläche vor (z. B. hinsichtlich der Transversalkraft bei einem Consolträger); jedoch wollen wir dasselbe mit in Betracht ziehen, weil sich für dasselbe die Belastungs-Gleichwerthe für ein gegebenes Belastungsschema sehr leicht bestimmen lassen und diese sodann leicht zur Schätzung der Belastungsgleichwerthe für andere Formen der Influenzflächen benutzt werden können.

Die ungünstigste Belastung ist hier diejenige, bei welcher sich die grösste Gesammtlast in der Länge des Rechteckes befindet. Die Werthe von Y lassen sich hier bei variablem l nicht durch eine stetige, sondern durch eine staffelförmige Linie darstellen (Fig. 18). Annähernd lässt sich dieselbe wieder durch eine gebrochene Gerade ABC ersetzen, für welche sich die Gleichung leicht aufstellen lässt. Ist die Summe der Gewichte der Locomotiven nebst Tender $= G$, der Achsendruck eines Wagens $= G_1$, der Achsenstand der Wagen e_1, so ist offenbar, wenn $a = A'B'$ gleich ist der Länge von der Vorderachse bis zu einem Punkte, welcher $\frac{1}{2}e_1$ vor der ersten Wagenachse liegt, $BB' = G$, $CC' = BB' + B'C'\frac{G_1}{e_1}$ zu setzen. AA' ist so zu bemessen, dass die Fläche $AA'B'B$ gleich der wirklichen Fläche zwischen der Staffellinie und $A'B'$ wird. Diese Fläche aber ergibt sich leicht als Summe S der statischen Momente der einzelnen Achsendrücke innerhalb $A'B'$ in Beziehung auf B'. Ist die Summe der statischen Momente der Achsendrücke innerhalb $A'B'$ in Beziehung auf $A' = S_0$, so ist $S = G\,a - S_0$, $S_0 = G\,a - S$. Hiernach lässt sich setzen:

50. $$\begin{cases} l \overline{\gtreqless} a: \quad p = \dfrac{2\,S_0}{a^2} + \dfrac{G\,a - 2\,S_0}{a\,l}, \\[2ex] l \overline{\gtreqless} a: \quad p = \dfrac{G_1}{e_1} + \dfrac{G\,e_1 - G_1\,a}{e_1\,l}. \end{cases}$$

Für unser Belastungsschema wird $a = 25$ (genauer 25.1), $G = 132$, $G_1 = 8$, $e_1 = 3$, $S = 1837$, $S_0 = 132 \cdot 25 - 1837 = 1463$, daher

51. $$\begin{cases} l \overline{\gtreqless} 25: \quad p = 4.68 + \dfrac{15.0}{l}, \\[2ex] l \overline{\gtreqless} 25: \quad p = 2.67 + \dfrac{65.3}{l}. \end{cases}$$

Der Fehler kann hierbei für $l = 8$ bis 20^m 6 bis 8 Procent, für $l = 25$ 50 75 100 150 200^m bezüglich 3.4 2.0 1.5 1.2 0.9 0.7 Procent betragen.

Die Regeln 50. ergeben sich auch nach der Methode der kleinsten Quadratsummen.

Wenn man p in dieser Weise bestimmt hat, so ergibt sich, Längen unter etwa 10^m ausgenommen, für das rechtwinklige Dreieck $p_0 = 1.09p$ bis 1.23, durchschnittlich

$$p_0 = 1.16p.$$

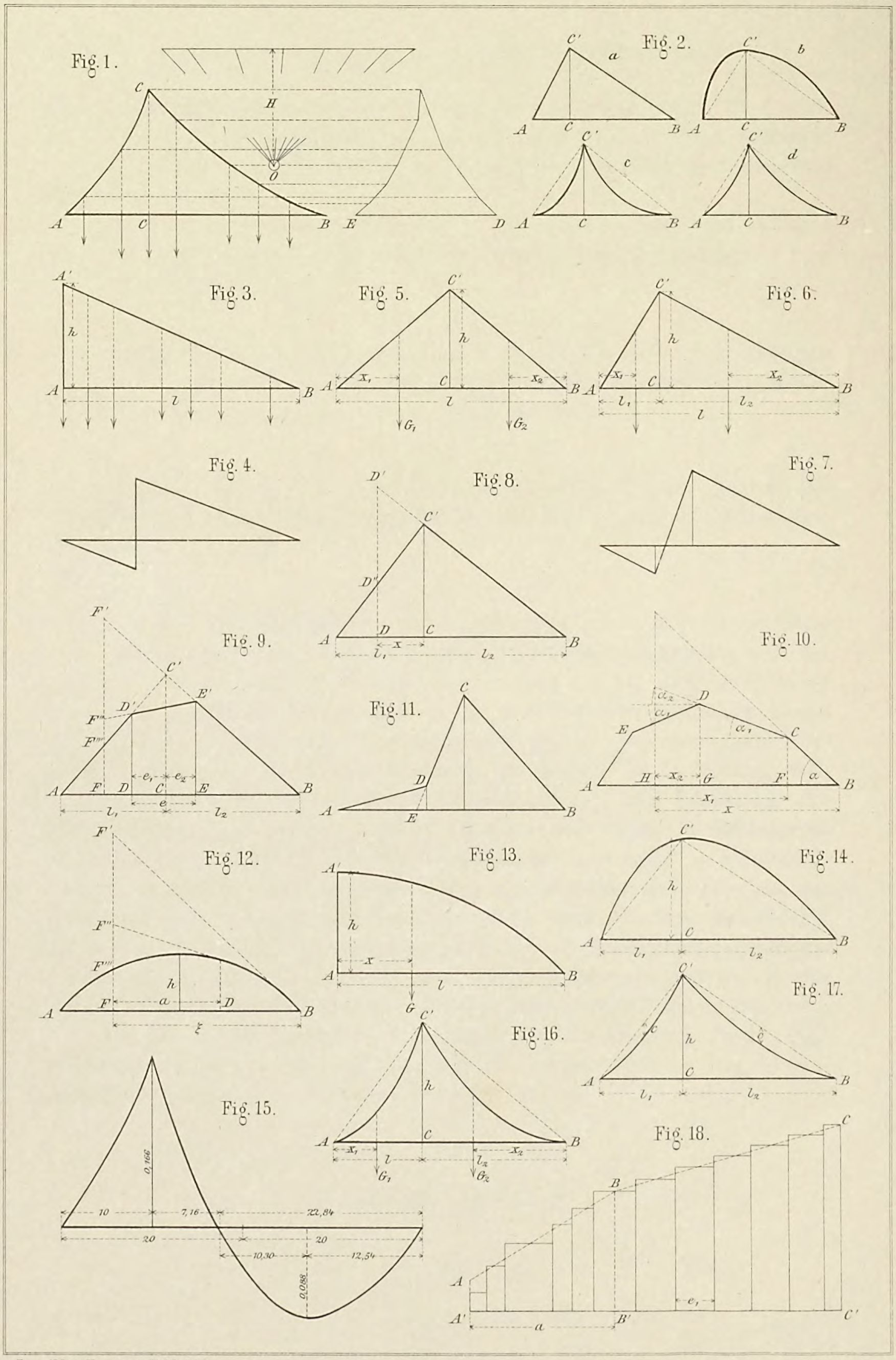
Dieses Verhältniss gilt annähernd auch für ein anderes Belastungsschema, als das unsere. Für das gleichschenklige Dreieck wird durchschnittlich $p_1 = 0.86\,p_0$ bis $0.88\,p_1$, oder annähernd

$$p_1 = 1.00\,p.$$

Jedenfalls ist dies die einfachste, wenn auch weniger genaue Bestimmung der Belastungs-Gleichwerthe für ein gegebenes Belastungsschema.

Die von uns aufgestellten Näherungsregeln lassen sich in verschiedener Weise benutzen. Die dem gegebenen Belastungsschema am genauesten entsprechenden Werthe erhält man, wenn man für dieses Schema p_0, vielleicht auch noch p_1 für eine Reihe von Längen genau berechnet und tabellarisch zusammenstellt; der in den russischen Normen (S. 84) noch enthaltene Werth p_2 ist deshalb nicht nöthig, weil p_2 ebenso gross ist, als p_0 für die halbe Länge. Mit Benutzung der Näherungsregeln 17 29 30 35 39 43 49 lassen sich dann die Belastungs-Gleichwerthe annähernd für die vorkommenden Formen der Influenzflächen bestimmen. Für das Construiren von Brücken ist dies wohl der zweckmässigste Vorgang. Ist für Vorprojecte, generelle Kostenanschläge, für wissenschaftliche Untersuchungen u. s. w. ein bestimmtes Belastungsschema nicht gegeben, so wird man sich zur Bestimmung von p_0 der Formeln 11, oder anderer in derselben Form aufgestellter Formeln bedienen.

Ich bin indess überzeugt, das Thema noch keineswegs erschöpfend behandelt zu haben. Vielleicht gelingt es, andere einfache Regeln aufzustellen, welche noch genauere Resultate geben.



Zur Abhandlung von E. Winkler.

Fig. 19.

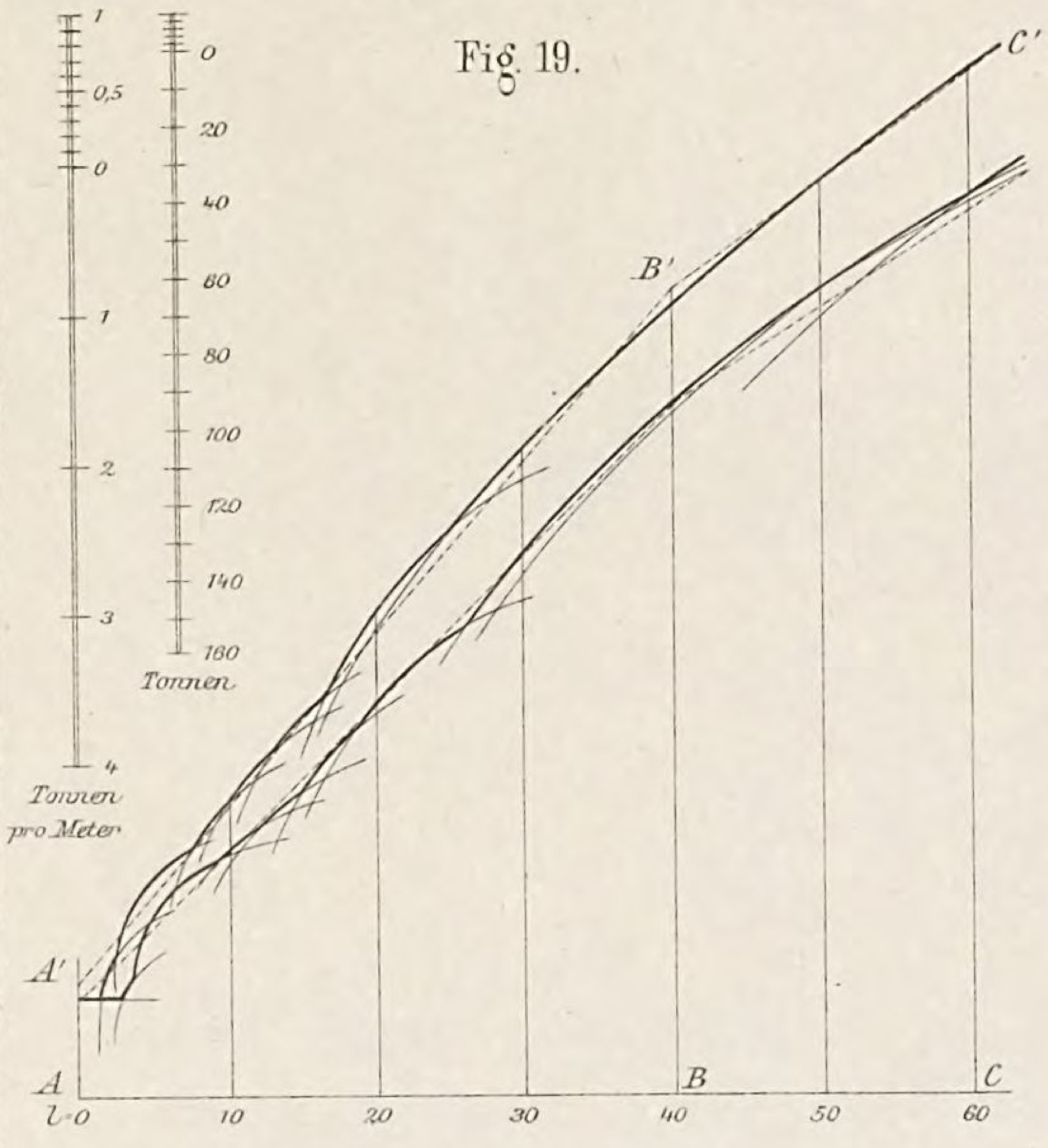


Fig. 20.

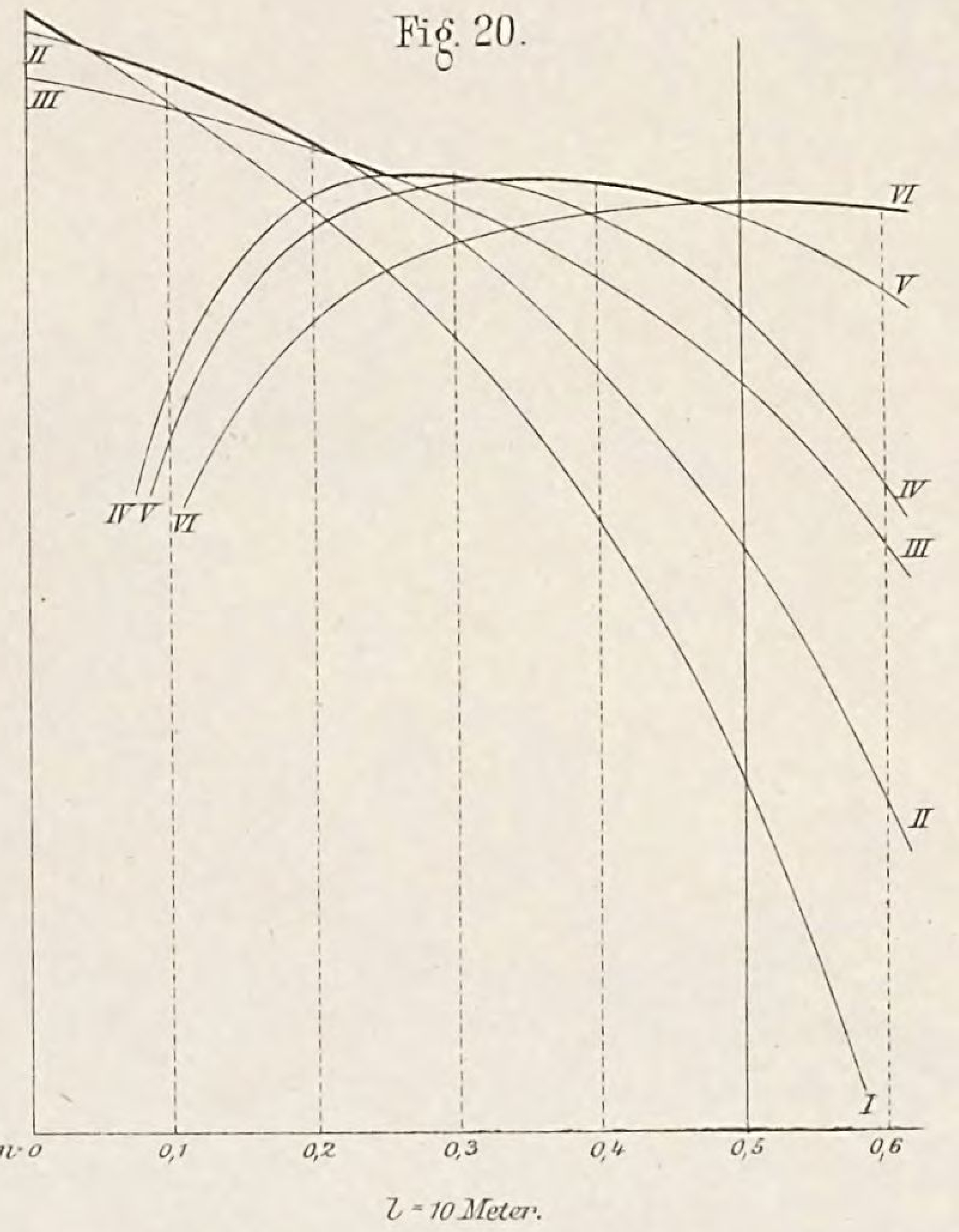


Fig. 21.

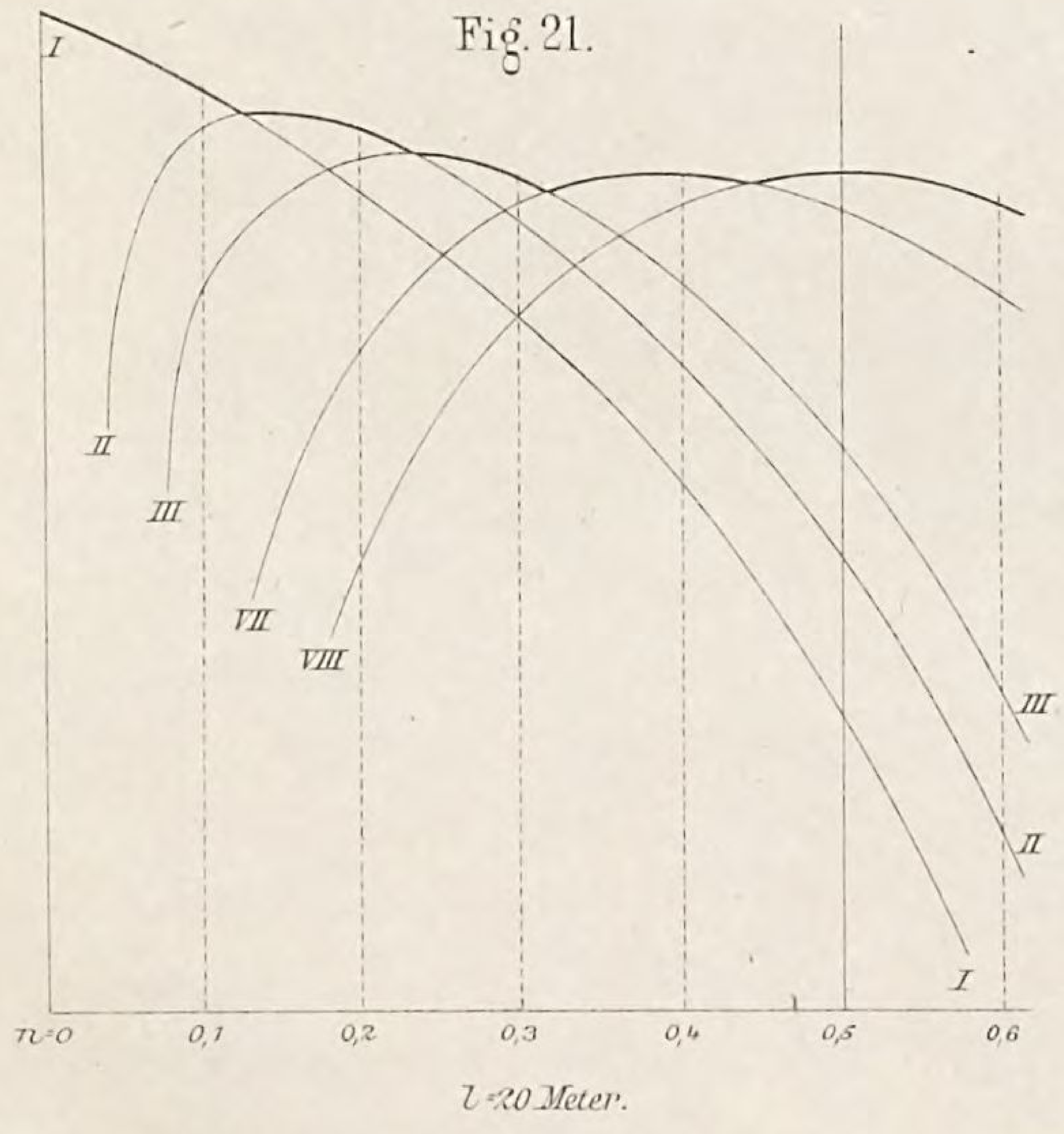


Fig. 22.

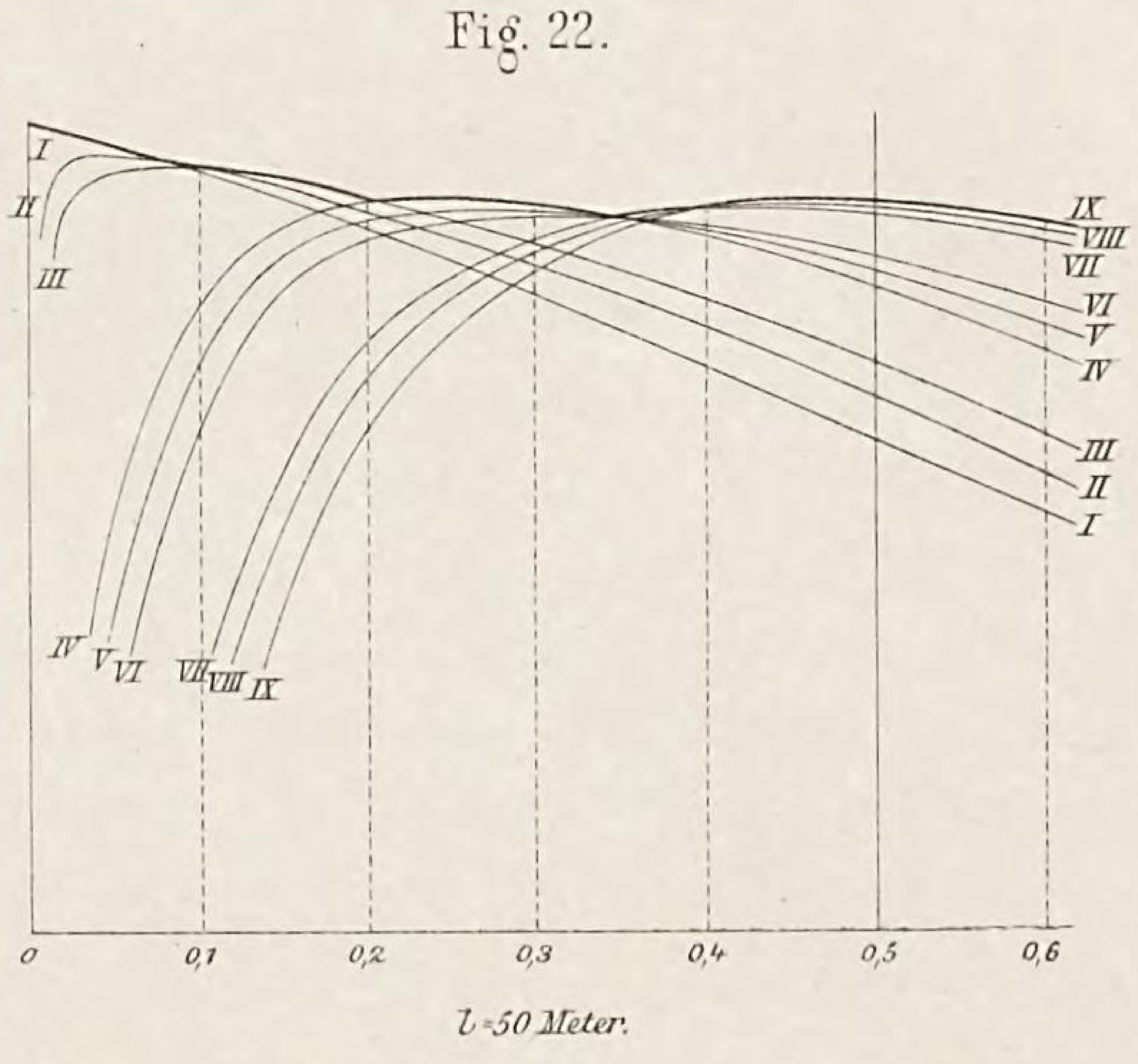


Fig. 23.

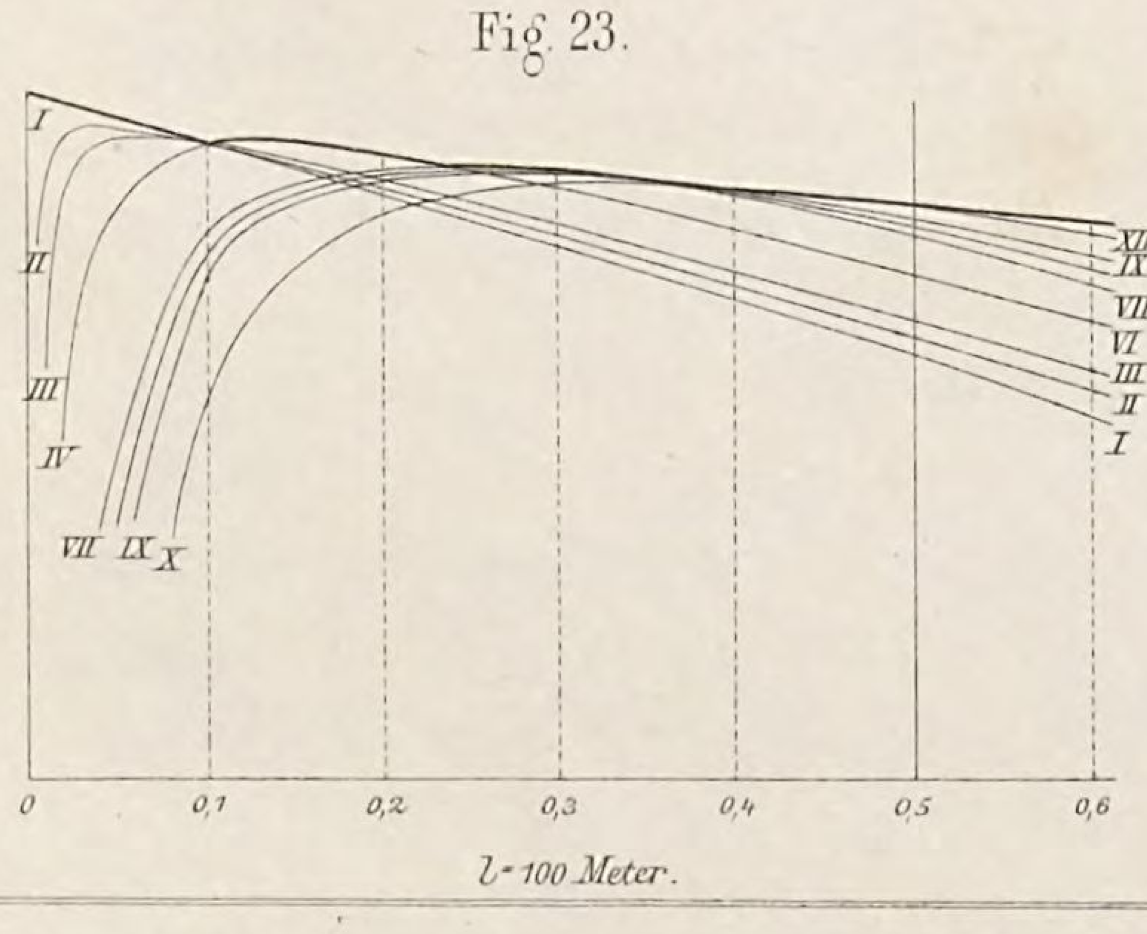
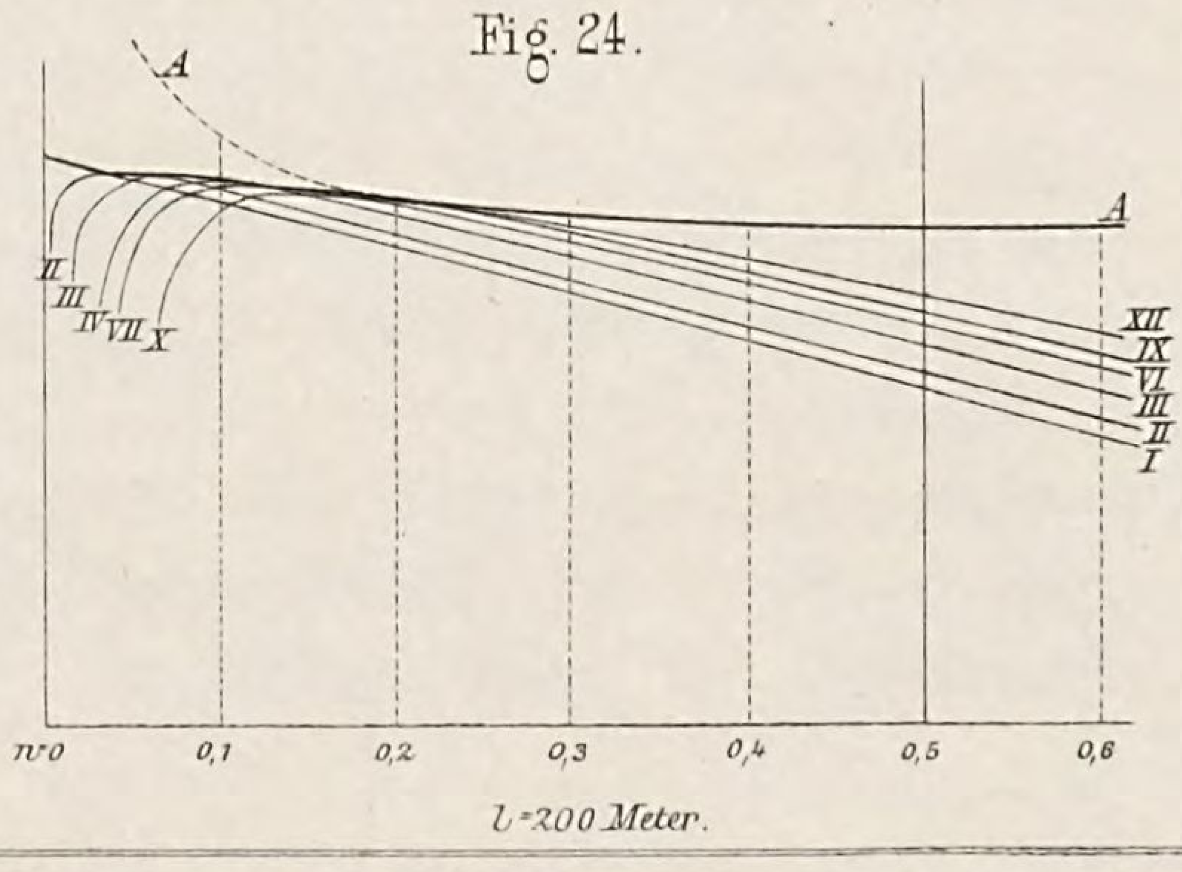


Fig. 24.



Zur Theorie der Gaskraftmaschinen.

Von C. Fink.

Einleitung.

Die Constructionen unserer Motoren sind in mechanischer Beziehung bereits so weit ausgebildet, dass durch weiter gehende Verbesserungen kaum Wesentliches gewonnen werden kann; man ist deshalb einen Schritt weiter gegangen bis zur eigentlichen Kraftquelle und hat die Frage aufgeworfen, wie sich die ursprünglich vorhandene oder erzeugte Kraft zu der nutzbar gemachten verhält. Bei den Wasserkräften kann man im Allgemeinen mit den gewonnenen Resultaten zufrieden sein; ein Nutzeffect von 75 bis 80 Procent, vielleicht auch noch 5 Procent mehr, ist nicht zu weit von der erreichbaren Grenze entfernt. Auch das Verhältniss der indicirten zur effectiven Kraft der Dampf- und Gasmaschinen stellt sich in ähnlicher Weise günstig heraus. Anders erscheint bei diesen Maschinen aber das Resultat, wenn wir von dem Heizeffect der Kohlen ausgehen und die demselben entsprechende Kraft mit der gewonnenen vergleichen. Ist es auch unmöglich, den ganzen Heizeffect der Kohlen in mechanische Kraft umzuwandeln, so ist doch eine Nutzbarmachung von oft nur 5 Procent und im günstigen Falle von 10 Procent der ganzen Wärmemenge, wie ihn unsere besten Dampfmaschinen ergeben, so gering, dass das Bestreben, durch eine mehr directe Ausnutzung der Wärme einen höheren Nutzeffect zu erzielen, als vollständig berechtigt erscheint.

Ob und inwieweit es möglich sein wird, die bei der Verbrennung auftretende Kraft der Affinität in Elektricität und diese wieder in mechanische Kraft umzuwandeln, um dadurch eine billigere Betriebskraft zu gewinnen, das ist eine Frage, die erst dann wird erörtert werden können, wenn der Zusammenhang von Affinität, Wärme und Elektricität klar gelegt worden ist. Der kürzeste Weg der Umwandlung wird, wenn sonst ihm keine Hindernisse im Wege stehen, sicher der vortheilhafteste sein. Als solcher erscheint vorläufig allein die Verbrennung unter Druck und Benutzung der Spannung und Expansivkraft der Verbrennungsproducte zum Betriebe eines Motors. Es sind hiernach die sogenannten

Gaskraftmaschinen, die in ihrer weiteren Vervollkommnung die Aufgabe haben, uns eine möglichst billige Betriebskraft zu schaffen.

Zwar haben bisher nur die durch Leuchtgas betriebenen Motoren eine grössere Bedeutung erlangt, das schliesst aber nicht aus, dass auch das Generatorgas oder das Wassergas, auf welches von anderer Seite schon hingewiesen worden ist, Anwendung finden könnten. Durch diesen Ersatz allein schon würden, selbst wenn der Wirkungsgrad kein höherer als bei den Leuchtgasmotoren wäre, beträchtliche Ersparnisse erzielt werden. Es ist deshalb in dem Folgenden auch auf diese Gase Rücksicht genommen, deren Verwendung voraussichtlich den nächsten wichtigen Fortschritt in der Construction der Gasmaschinen bilden wird, wenn es nicht gelingt, die Verbrennungsproducte fester Brennmaterialien durch Verbrennung unter Druck direct nutzbar zu machen, was dem Verfasser als zu erstrebendes Endziel erscheint.

Inwieweit es möglich sein wird, auf dem angedeuteten Wege Verbesserungen zu erzielen, muss sich aus der Theorie ergeben; sie muss uns zeigen, wo die Kraftverluste liegen und nach welcher Richtung Verbesserungen möglich und zu erwarten sind. Die Aufgabe der Praxis wird dann sein, die gewonnenen Resultate zu verwerthen und die der Anwendung derselben sich entgegenstellenden Schwierigkeiten möglichst zu überwinden. Die Theorie bietet zwar in ihren physikalischen Grundlagen nicht wesentlich Neues, eine kurze Zusammenstellung derselben müssen wir aber der Vollständigkeit und des besseren Verständnisses wegen voraufschicken.

Verbrennungswärme, Heizeffect.

Die Einheit für das Maass einer Wärmemenge ist bekanntlich die Calorie, d. i. die Wärmemenge, die man bedarf, um ein Kilogramm Wasser um einen Grad Celsius zu erwärmen, bei Annahme der mittleren specifischen Wärme zwischen 0 und 100° C.

Die Grundlage zur Beurtheilung des Nutzeffects eines Wärmemotors bildet die durch die Verbrennung von einem Kilogramm Brennmaterial erzeugte Wärmemenge, die sogenannte Verbrennungswärme. Die Verbrennungswärme, ein Resultat der Verbindung des Brennmaterialstoffes mit Sauerstoff, tritt in zweierlei Form in die Erscheinung:

1. Erzeugt dieselbe eine Temperaturerhöhung der Verbrennungsproducte der Art, dass letztere ein gewisses Wärmequantum abgeben müssen, wenn sie die Anfangstemperatur wieder erhalten sollen. Diese Wärmemenge, welche also zu Heizungszwecken verwendet werden kann, nennt man den Heizeffect. Das Maass desselben wird durch die Zahl

Calorien bestimmt, welche die Verbrennungsproducte von einem Kilogramm des Brennmateriales abgeben müssen, um die Temperatur vor der Verbrennung wieder zu erhalten. In dieser Weise sind die Heizeffecte verschiedener Brennmaterialien durch Versuche calorimetrisch ermittelt.

2. Wird durch den Verbrennungsprocess noch ein Wärmequantum erzeugt, das, da es sofort zur Verwendung gelangt, nur durch Rechnung bestimmt werden kann; es ist dasjenige, das zur Umwandlung fester und flüssiger Brennmaterialien in brennbare Gase und zur eventuellen Zersetzung der letzteren erforderlich ist.

Aus dem ad 2 verwendeten Wärmequantum folgt, dass wenn man den Heizeffect einer chemischen Verbindung durch Summirung der Heizeffecte der Bestandtheile bestimmt, sich eine Differenz gegen den wirklichen Heizeffect der Verbindung ergeben muss, welche, soweit eine Änderung des Aggregatzustandes oder des Druckes nicht in Betracht kommt, die Bildungswärme der Verbindung genannt wird. Der Heizeffect ist stets gleich der Bildungswärme der Verbrennungsproducte.

Da die Wärme äquivalent lebendiger Kraft ist, und diese nur andere Formen annehmen, nicht aber erst durch den Verbrennungsprocess erzeugt werden kann, so muss auch die der Verbrennungswärme entsprechende lebendige Kraft in den brennbaren Körpern und dem zur Verbrennung erforderlichen Sauerstoff schon vor der Verbrennung in irgend einer Form, nennen wir sie gebundene oder innere Wärme, vorhanden gewesen sein. Indem dieselbe nach der Verbrennung als äussere Wärme auftritt, müssen die Verbrennungsproducte ein gleiches Quantum an innerer Wärme weniger besitzen, als vor derselben. In welcher Form sich die Wärme vor der Verbrennung in den Körpern befindet, kommt für uns nicht in Betracht; man nimmt an, dass die lebendige Kraft der in Bewegung befindlichen Molecüle (kinetische Energie) sowohl, wie die gegenseitige Lage derselben zu einander (potentielle, chemische Energie) gleichzeitig eine der freiwerdenden Wärmemenge entsprechende Veränderung erleiden.

Sind unverbrennliche, Gase z. B. Stickstoff oder, Kohlensäure mit brennbaren Gasen vermischt, so hat diese Beimengung zwar auf die Verbrennungstemperatur, nicht aber auf den Heizeffect der brennbaren Stoffe Einfluss. Sie nehmen einen Theil der Wärme auf, geben ihn aber bei der Abkühlung wieder ab und kehren in den Anfangszustand zurück. Nur wenn letzteres nicht der Fall sein sollte, die unverbrennlichen Gase also mit höherer Temperatur entweichen, geht mit den Verbrennungsproducten um so mehr Wärme verloren, je mehr unverbrennliche Gase denselben beigemengt sind.

Bei Ermittelung der Heizeffecte durch den Versuch ist es nicht gleichgiltig, von welcher Temperatur man ausgeht. Kennt man den Heizeffect für die Temperatur 0°, so erhält man denselben für die Anfangstemperatur t°, wenn man die Wärmemenge, welche zur Erwärmung des Brennmaterials und des zum Verbrennen nothwendigen Sauerstoffs um t° erforderlich ist, zu dem Heizeffect addirt, dagegen die zu gleicher Temperaturerhöhung der Verbrennungsproducte erforderliche Wärmemenge subtrahirt. Die Differenz ist für die mittleren Temperaturen, bei welchen auch die Versuche gemacht worden sind, für unseren Zweck bedeutungslos; ein anderes Moment kommt aber in Betracht, wenn beim Verbrennen von Wasserstoffgas oder Wasserstoffgas enthaltenden Verbindungen der gebildete Wasserdampf auch in Dampfform entweicht, während er im Calorimeter fast vollständig condensirt wird. Der Heizeffect fällt dann um die in dem Dampf steckende latente Wärme geringer aus.

Nehmen wir, mit Rücksicht auf die den Versuchswerthen anhaftenden wahrscheinlichen Fehler, die latente Wärme eines Kilogramm Wasserdampf von mittlerer Temperatur gleich 600 Calorien an, dann würden, da 1^{kg} H bei der Verbrennung 9^{kg} H_2O liefert, von der für den Heizeffect des Wasserstoffgases gefundenen Versuchszahl 34462 also $9 \cdot 600 = 5400$ Calorien abzuziehen sein, das giebt 29062. In gleicher Weise ergeben sich aus den Versuchszahlen von Favre & Silbermann für das Äthylen C_2H_4 und für das Sumpfgas CH_4, weil 1^{kg} des ersteren $\frac{1}{7}^{kg}$ und 1^{kg} des letzteren $\frac{1}{4}^{kg}$ H enthält, die Heizeffecte

des Aethylens $O_2H_4 = 11858 - \frac{9}{7} \cdot 600 = 11087$ Calorien

des Sumpfgases $CH_4 = 13063 - \frac{9}{4} \cdot 600 = 11713$ »

Für das zuweilen im Leuchtgase noch vorkommende Butylen C_4H_8, für welches directe Versuche nicht vorliegen, ist von Grashof die Zahl 10842 berechnet.

Während bei vollständiger Verbrennung die in Betracht kommenden gasförmigen Verbrennungsproducte nur aus Kohlensäure und Wasserdampf bestehen, ist die Zusammensetzung der Brennmaterialien eine ausserordentlich verschiedene. Dies gilt nicht nur von den festen und flüssigen, sondern auch von den luftförmigen, mit denen wir uns ausschliesslich beschäftigen. Wenn wir demnach in dem Folgenden die Heizeffecte derselben auf Grundlage bestimmter Zusammensetzungen ermitteln, so darf doch nicht übersehen werden, dass andere Zusammensetzungen andere Resultate ergeben müssen, die aber leicht mit Hülfe der folgenden Tabelle berechnet werden können.

Tabelle I.

1	2	3	4	5
Stoffe	1^{kg} giebt Verbrennungsproducte kg	Heizeffect von 1^{kg} Calorien[1]	Gewicht eines Cubikmeters Gas bei 0° und 760^{mm} Druck in kg	Demnach Heizeffecte eines Cubikmeters
Wasserstoff H	9.00 H_2O	29060	0.0896	2604
Kohlenstoff C	2.33 CO	2480	—	—
Kohlenstoff C	3.66 CO_2	8080	—	—
Kohlenoxyd CO	1.57 CO_2	2400	1.2517	3004
Sumpfgas CH_4	2.75 CO_2, 2.25 H_2O	11710	0.7233	8470
Aethylen C_2H_4	3.14 CO_2, 1.286 H_2O	11090	1.2544	13913
Butylen C_4H_8	3.14 CO_2, 1.286 H_2O	10840	—	—
Atmosphärische Luft	—	—	1.294	—
Stickstoffgas N	—	—	1.2568	—
Sauerstoffgas O	—	—	1.4306	—
Kohlensäure CO_2	—	—	1.9712	—

Den Heizeffect von Gasgemischen, nicht Verbindungen, bestimmt man einfach durch die Summirung der Heizeffecte der Bestandtheile. Sind die letzteren in Gewichtstheilen angegeben, so benutzt man Spalte 3 der vorstehenden Tabelle und erhält dann den Heizeffect für 1^{kg} des Gemisches; sind sie in Volumentheilen angegeben, dann benutzt man Spalte 5 und erhält den Heizeffect für 1^{cbm} des Gemisches. Mit Hülfe der Spalte 4 lässt sich der Heizeffect für 1^{kg} berechnen, wenn die Zusammensetzung in Volumtheilen angegeben ist. Wir wollen dies durch ein Beispiel erläutern: Die mittlere Zusammensetzung der Generatorgase wird von von Marx in der Zeitschr. d. Ver. d. Ing. in Volumtheilen angegeben zu 0.06 CO_2, 0.23 CO, 0.01 H und 0.70 N. Es kommt nur der Heizeffect der brennbaren Gase, also des CO Gases und des H Gases in Betracht. Nach unserer Tabelle ist demnach der Heizeffect gleich $0.23 \cdot 3004 + 0.01 \cdot 2604 = 716.96$ pro Cubikmeter. Um den Heizeffect pro Kilogramm zu bestimmen, ermitteln wir das Gewicht eines Cubikmeters Generatorgas. Es wiegen nach Spalte 4 unserer Tabelle I:

$$0.06^{cbm}\ CO_2 = 0.06 \cdot 1.9712 = 0.11827^{kg}$$
$$0.23^{cbm}\ CO = 0.23 \cdot 1.2517 = 0.28789^{kg}$$
$$0.01^{cbm}\ H = 0.01 \cdot 0.0896 = 0.00089^{kg}$$
$$0.70^{cbm}\ N = 0.70 \cdot 1.2568 = 0.87976^{kg}$$
$$\text{zusammen } 1.28681^{kg}.$$

[1] Die Zahlen sind nach Grashof in der letzten Stelle abgerundet, für die Gewichtsbestimmung in Col. 4 sind die Versuchszahlen zu Grunde gelegt.

Die Verbrennungswärme von 1^{kg} des obigen Gases ist mithin $\frac{716.96}{1.28681} = 557$ Cal. Wir schliessen hieran eine Tabelle, welche die Zusammensetzung verschiedener Gase in Gewichtsprocenten mit den berechneten Heizeffecten für 1^{kg} und 1^{cbm} enthält.

Tabelle II.

Nr.	Gasgemenge	H	CH_4	C_2H_4	C_4H_8	CO	CO_2	O	N	Gewicht von 1^{cbm} kg	Heizeffect für 1^{kg}	Heizeffect für 1^{cbm} bei 0°
1	Steinkohlen-Leuchtgas...	0.05	0.54	0.10	0.08	0.15	—	—	0.08	0.6131	10113	6200
2	desgl.	0.082	0.536	0.122	—	0.146	0.039	0.014	0.061	0.5130	10363	5316
3	desgl.	0.086	0.404	0.105	—	0.241	0.112	0.005	0.047	0.5287	8973	4744
4	Wassergas aus Coks	0.062	—	—	—	0.596	0.198	0.014	0.130	0.7248	3232	2312
5	Generatorgas aus Holz....	0.01	—	—	—	0.34	0.12	—	0.53	1.1551	1107	1278
6	" " Torf....	0.01	—	—	—	0.22	0.14	—	0.63	1.0409	819	852
7	" " Holzkohlen	—	—	—	—	0.34	0.01	—	0.65	1.2596	816	1028
8	" " Coks ...	—	—	—	—	0.34	0.01	—	0.65	1.2596	816	1028
9	" nach Angabe von VON MARX	0.001	—	—	—	0.223	0.092	—	0.684	1.287	557	717

An die Resultate dieser Tabelle wollen wir noch einige Bemerkungen knüpfen.

Der brennbare Hauptbestandtheil der Generatorgase ist das CO Gas; es entsteht die Frage, welcher Theil an Wärme dadurch verloren geht, dass der Kohlenstoff bereits zu Kohlenoxydgas verbrannt ist. Wenn Kohlenstoff zu CO verbrennt, ist der Heizeffect = 2480 und wenn er zu CO_2 verbrennt, = 8080; es gehen also verloren $\frac{2480}{8080} \cdot 100 = 30.3$ Procent. Wenn diese Rechnung richtig sein soll, dann muss auch der Heizeffect des von 1^{kg} C gebildeten CO = 8080 — 2480 = 5600 sein. Nun giebt 1^{kg} Kohlenstoff $2^1/_3{}^{kg}$ CO, dessen Heizeffect also $2^1/_3 \cdot 2400$ = wiederum 5600 ist. Die Rechnung stimmt also; doch wird man mit Rücksicht darauf, dass das Generatorgas immer noch etwas CO_2 enthält, den Verlust wohl auf $^1/_3$ der ganzen Wärmemenge abschätzen können. Vorausgesetzt ist hierbei, dass das CO Gas vor seiner Verbrennung zu CO_2 wieder bis zu einer mittleren Temperatur abgekühlt worden ist.

Wir bemerken noch, dass die Zusammensetzung der Gichtgase in ihrem Hauptbestandtheil, dem CO Gas, nahe mit der der Generatorgase übereinstimmt, und dass sich in den Hochöfen ein der Verbrennung entgegengesetzter Process vollzieht, indem die gebildete CO_2 sich in CO umwandelt. Dieselbe muss zu dem Ende ebensoviel C aufnehmen, wie sie enthält, so dass, abgesehen von der späteren Benutzung der Gichtgase, die Hälfte des Kohlenstoffs für den eigentlichen Schmelzprocess verloren geht. Wie viel Wärme bei dieser Umwandlung der CO_2 in CO gebunden wird, ergiebt sich leicht aus

der folgenden Berechnung. Der Heizeffect von 1^{kg} Kohlenstoff, der zu CO_2 verbrennt, ist 8080, der Heizeffect von 2^{kg} Kohlenstoff, die zu CO verbrennen, $2 \cdot 2480 = 4960$, mithin werden durch die Umwandlung der CO_2 in CO gebunden $8080 - 4960 = 3120$ Wärmeeinheiten.

Das Wassergas ist bekanntlich das Product der Zersetzung des Wasserdampfes durch glühende Kohlensäure, es bilden sich Kohlenoxyd- und Wasserstoffgas. Die Wärmemenge, welche hierbei zur Zersetzung des Wasserdampfes verbraucht wird, muss gleich derjenigen sein, welche man bei der Verbrennung wieder gewinnt. Insofern kann also ein Vortheil bei der Erzeugung des Wassergases nicht erzielt werden, derselbe liegt nur darin, dass man ein Gas erhält, das in demselben Volumen einen wesentlich höheren Heizeffect giebt, als Generatorgas.

Luftbedarf zur Verbrennung, Verbrennungsproducte.

Wir wollen nun unter Annahme einer vollkommenen Verbrennung den Luftbedarf berechnen und zwar sowohl für die Gewichtseinheit, wie für die Volumeneinheit der verschiedenen Gase. Da das Atomgewicht des H = 1, des C = 12 und des O = 16 ist, kommen auf die Verbrennung

von 1^{kg} C zu $CO_2 = 2^2/_3{}^{kg}$ O
» 1^{kg} C » $CO = {}^4/_7{}^{kg}$ O
» 1^{kg} H » $H_2O = 8^{kg}$ O
von 1^{kg} CH_4 zu $CO_2 + 2H_2O = 4^{kg}$ O
» 1^{kg} C_2H_4 » $2CO_2 + 2H_2O = 3^3/_7{}^{kg}$ O
» 1^{kg} C_4H_8 » $4CO_2 + 4H_2O = 3^3/_7{}^{kg}$ O.

Da in 100 Gewichtstheilen Luft sich 23 Gewichtstheile O befinden, so bedarf man zum Verbrennen des in der Tab. II unter Nr. 1 angeführten Leuchtgases mit Rücksicht auf die dort angegebene Zusammensetzung

$$\frac{100}{23}(0.05 \cdot 8 + 0.54 \cdot 4 + 0.1 \cdot 3^3/_7 + 0.08 \cdot 3^3/_7 + 0.15 \cdot {}^4/_7) = 14.19^{kg} \text{ Luft}$$

oder $\frac{14.19}{1.294} = 10.96^{cbm}$. Da das Cubikmeter Gas 0.6131^{kg} wiegt, so kommt mithin auf 1^{cbm} Gas $10.96 \cdot 0.6131 = 6.72^{cbm}$ Luft. In gleicher Weise ist das erforderliche Luftquantum für alle in der Tab. II angeführten Gase ihrer Zusammensetzung entsprechend berechnet worden, man erhält dann der Reihe nach

Tabelle III.

Nr. 1	Leuchtgas	auf	1^{kg}	Gas	14.19^{kg}	Luft	$= 10.96^{cbm}$	oder	auf	1^{cbm}	Gas	6.72^{cbm}	Luft
» 2	»	»	1^{kg}	»	14.29^{kg}	»	$= 11.04^{cbm}$	»	»	1^{cbm}	»	5.66^{cbm}	»
» 3	»	»	1^{kg}	»	12.10^{kg}	»	$= 9.39^{cbm}$	»	»	1^{cbm}	»	4.97^{cbm}	»
» 4	Wassergas	»	1^{kg}	»	3.57^{kg}	»	$= 2.76^{cbm}$	»	»	1^{cbm}	»	2.00^{cbm}	»
» 5	Generatorgas	»	1^{kg}	»	1.19^{kg}	»	$= 0.92^{cbm}$	»	»	1^{cbm}	»	1.06^{cbm}	»
» 6	»	»	1^{kg}	»	0.89^{kg}	»	$= 0.69^{cbm}$	»	»	1^{cbm}	»	0.72^{cbm}	»
» 7	»	»	1^{kg}	»	0.84^{kg}	»	$= 0.65^{cbm}$	»	»	1^{cbm}	»	0.82^{cbm}	»
» 8	»	»	1^{kg}	»	0.84^{kg}	»	$= 0.65^{cbm}$	»	»	1^{cbm}	»	0.82^{cbm}	»
» 9	»	»	1^{kg}	»	0.59^{kg}	»	$= 0.45^{cbm}$	»	»	1^{cbm}	»	0.58^{cbm}	»

Erfahrungsmässig reicht das in obiger Tab. III angegebene Luftquantum zur vollständigen Verbrennung nicht aus, es muss immer Luft im Überschusse angewendet werden, soll nicht unverbrannter Sauerstoff mit den Verbrennungsproducten entweichen. Den letzteren Fall eines bestimmten Luftüberschusses, also vollkommene Verbrennung, vorausgesetzt, lässt sich leicht das Gewicht der Verbrennungsproducte und ihre Zusammensetzung bestimmen, wenn man beachtet, dass

1^{kg} H $= 9^{kg}$ Wasserdampf giebt und
1^{kg} C $= 3\,{}^2/_3{}^{kg}$ Kohlensäure
1^{kg} CO $= 1\,{}^4/_7{}^{kg}$ »
1^{kg} CH_4 $= 2\,{}^3/_4{}^{kg}$ » und $2\,{}^1/_4{}^{kg}$ Wasserdampf
1^{kg} C_2H_4 oder 1^{kg} C_4H_8 $= 3\,{}^1/_7{}^{kg}$ » » $1\,{}^2/_7{}^{kg}$ »

Hiernach erhalten wir aus dem Leuchtgase nach der Zusammensetzung unter Nr. 1: $0.05 \cdot 9 + 0.54 \cdot 2\,{}^1/_4 + (0.10 + 0.08) \cdot 1\,{}^2/_7 = 1.896^{kg}$ Wasserdampf und $0.54 \cdot 2\,{}^3/_4 + 0.18 \cdot 3\,{}^1/_7 + 0.15 \cdot 1\,{}^4/_7 = 2.287^{kg}$ Kohlensäure, zusammen also 4.183^{kg} Verbrennungsproducte. Ziehen wir diese und die CO_2, welche das Gas ursprünglich enthielt, von der Summe des Gas- und Luftgewichts der Tab. III, also in unserem Beispiel von 15.19 ab, so erhalten wir den Stickstoffgehalt. Da zu dieser Zusammensetzung noch die überschüssige Luft tritt, erhält man aus den in Tabelle II bezeichneten Gasen:

Tabelle IV.

Nr.	aus 1^{kg}	Wasserdampf kg	Kohlensäure kg	Stickstoff kg
1	Leuchtgas	1.896	2.287	11.007
2	»	2.101	2.125	11.064
3	»	1.818	1.932	9.410
4	Wassergas	0.558	1.134	2.878
5	Generatorgas	0.090	0.654	1.446
6	»	0.090	0.485	1.321
7	»	—	0.544	1.296
8	»	—	0.544	1.296
9	»	0.009	0.442	1.139

Hierzu kommen noch x^{kg} überschüssiger Luft.

Berücksichtigen wir das in Tab. II angegebene Gewicht eines Cubikmeters der verschiedenen Gase in der Weise, dass wir die Zahlen der vorstehenden Tabelle mit den zugehörigen Gewichten eines Cubikmeters Gas multipliciren, dann erhalten wir die Gewichte der Verbrennungsproducte von 1^{cbm} Gas. Es liefert:

Tabelle IV. a.

Nr.	1^{cbm}	Wasserdampf kg	Kohlensäure kg	Stickstoff kg
1	Leuchtgas	1.146	1.400	6.748
2	"	1.078	1.090	5.675
3	"	0.961	0.962	4.975
4	Wassergas	0.620	0.822	2.086
5	Generatorgas	0.104	0.755	1.670
6	"	0.094	0.505	1.375
7	"	—	0.685	1.632
8	"	—	0.685	1.632
9	"	0.011	0.569	1.466

Hierzu y^{kg} überschüssiger Luft.

Das Volumen der berechneten Gewichte Wasserdampf, Kohlensäure und Stickstoff erhalten wir durch Summirung des Volumens der einzelnen Bestandtheile. Schwierigkeiten macht hierbei aber der Wasserdampf, der sich bei 0° C zum grössten Theile condensiren würde. Für unsern Zweck reicht es aber mit Rücksicht auf die in Betracht kommende Temperatur und auf seine geringe Menge vollständig aus, wenn wir ihn wie ein permanentes Gas behandeln, dessen specifisches Gewicht $= 0.623$ ist, von dem also $1^{cbm} = 0.806^{kg}$ wiegt. Mit Rücksicht auf die in der Tab. I gegebenen Gewichte eines Cubikmeters der andern Gase erhalten wir dann die Zusammensetzung der Verbrennungsproducte von 1^{kg} der Heizgase, wie sie die folgende Tabelle angiebt, in deren vorletzter Columne noch mit Rücksicht auf Tab. II, welche das Gewicht von 1^{cbm} der Heizgase enthält, angegeben ist, welches Gesammtvolumen die Verbrennungsproducte von 1^{cbm} Heizgas annehmen.

Tabelle V.

Nr.		1^{kg} Heizgas giebt Verbrennungsproducte in Cubikmeter				1^{cbm} Heizgas giebt in Summa
		Wasserdampf cbm	Kohlensäure cbm	Stickstoff cbm	Summa cbm	cbm
1	Leuchtgas	2.352	1.160	8.756	12.268	7.561
2	"	2.606	1.078	8.802	12.486	6.405
3	"	2.255	0.980	7.486	10.721	5.668
4	Wassergas	0.692	0.575	2.290	3.557	2.593
5	Generatorgas	0.112	0.332	1.150	1.594	1.841
6	"	0.112	0.246	1.051	1.409	1.466
7	"	—	0.276	1.031	1.307	1.646
8	"	—	0.276	1.031	1.307	1.646
9	"	0.011	0.224	0.906	1.141	1.468

Hierzu kommt das Volumen der überschüssigen Luft.

Aus den Zahlen der letzten beiden Tabellen ist ersichtlich, dass das Leuchtgas eine ganz besondere Ausnahmestellung gegen die anderen Gase einnimmt, da es zu seiner Verbrennung ein sehr viel grösseres Luftquantum bedarf als diese und dem entsprechend auch beträchtlich grössere Volumen an Verbrennungsproducten liefert. Es rührt dies von seinem Gehalt an Wasserstoff und Wasserstoffverbindungen her. Der Einfluss dieser Eigenthümlichkeit auf die Construction der Gasmaschinen wird später zu erörtern sein.

Verbrennungstemperatur.

Von grosser Wichtigkeit für die Technik und speciell für unseren Zweck ist nächst der Verbrennungswärme die Verbrennungstemperatur. Die Erfahrung lehrt, dass dieselbe keine constante ist, die Verbrennung vielmehr bei sehr verschiedenen Temperaturen stattfinden kann. Erfolgt die Verbrennung in reinem Sauerstoff, dann ist die Temperatur wesentlich höher als bei der Verbrennung in atmosphärischer Luft, und in beiden Fällen ist die Temperatur wiederum eine höhere, wenn der Sauerstoff zur vollständigen Verbrennung eben ausreicht, als wenn Sauerstoff oder Luft im Überschusse vorhanden ist. Ferner steigt auch die Temperatur, wenn die Luft oder die Brennmaterialien vorgewärmt sind.

Die höchste Temperatur, welche bei Verbrennung von Gasen entstehen kann, muss diejenige sein, welche man erhält, wenn der ganze Heizeffect zur Temperaturerhöhung der Verbrennungsproducte verwendet wird, die niedrigste diejenige, bei welcher eben noch die Verbrennung stattfindet.

Verbrennt man ein Gemisch eines brennbaren Gases mit dem zur vollständigen Verbrennung erforderlichen Sauerstoff- oder Luftquantum bei constantem Volumen, so kann man unter der Voraussetzung, dass Wärme nicht abgeleitet wird, aus der Druckzunahme die Verbrennungs-Temperatur berechnen. Die Versuche von Bunsen haben uns gelehrt, dass unter den günstigsten Umständen, d. h. bei Verbrennung von reinem Wasserstoff- oder Kohlenoxyd-Knallgas nur eine Druckzunahme entsteht, welche der Verbrennung von etwa dem dritten Theil desselben, und wenn anstatt des Sauerstoffs atmosphärische Luft verwendet wurde, etwa der Hälfte desselben entspricht. Wir müssen daraus schliessen, dass die aus dem Heizeffect berechnete höchste Temperatur nicht entsteht, vielmehr ein Theil der Wärme verwendet wird, um $^2/_3$ resp. die Hälfte des Knallgases auf die Verbrennungstemperatur zu bringen. Die Beimengung von überschüssigem Sauerstoff oder von Kohlenoxyd zum Kohlenoxyd-Knallgase wirkt in gleicher Weise herabmindernd auf die

Temperatur und Spannung nach der Explosion. Da der Heizeffect einen constanten Werth hat, so ist man berechtigt hieraus zu folgern, dass um so mehr Wärme auf die den Verbrennungsprocess begleitenden Gase übertragen wird, je niedriger die Verbrennungstemperatur ist, je weniger also die eigentlichen Verbrennungsproducte aufnehmen. Mit anderen Worten: Der Heizeffect besteht bei diesen Gasen aus zwei Summanden, von denen der eine die Wärmemenge angiebt, welche in der Temperaturerhöhung der eigentlichen Verbrennungsproducte steckt, der andere dagegen die frei werdende Wärmemenge, welche an andere Körper abgegeben werden muss, wenn der Verbrennungsprocess vollständig erfolgen soll. Die frei werdende Wärmemenge nimmt also ebensoviel zu, wie die in den eigentlichen Verbrennungsproducten die Temperaturerhöhung bewirkende abnimmt oder umgekehrt.

Dasselbe, was für Wasserstoff- oder Kohlenoxyd-Knallgas gilt, gilt aber auch voraussichtlich für ein explosives Gemisch von Leuchtgas: Es verbrennt bei der Explosion zunächst nur ein Theil des Gases, der die frei werdende Wärme auf die umgebenden Gas- und Lufttheile überträgt; eine weitere Verbrennung kann nur stattfinden, wenn auch eine weitere Wärmeabgabe erfolgt. Bei den Otto'schen Gasmaschinen haben wir eine solche theils in der nutzbar gemachten Kraft, theils in der Übertragung von Wärme auf die von aussen abgekühlte Cylinderwandung. Nach Analogie der Bunsen'schen Versuche wird man annehmen können, dass etwa $^2/_3$ des Gases (nach Slaby 55 Procent) momentan, der Rest im Verlaufe des Hubes verbrennt. Hierauf deuten auch die Form der Diagramme und die Analysen der Verbrennungsproducte hin; erstere, indem sie eine geringere Anfangsspannung und eine langsamere Druckabnahme zeigen, als der adiabatischen Curve entspricht, letztere, indem sie eine vollkommene Verbrennung constatiren.

Wenn von einer explosiven Wirkung der Gasgemische hier die Rede ist, so wird man sich doch dieselbe nicht so vorstellen dürfen, als ob die Entzündung des ganzen Volumens momentan stattfände. Es bedarf dazu einer von verschiedenen Umständen abhängigen, sehr verschiedenen Zeit, ähnlich, wie dies auch bei festen und flüssigen Explosivstoffen der Fall ist. Wenn man gewöhnliches Schiesspulver in einer langen Linie ausbreitet und dasselbe an einem Ende anzündet, blitzt dasselbe verhältnissmässig langsam auf; in einer Patrone eingeschlossen, explodirt das Pulver fast momentan. Ähnliches zeigt sich auch bei Gasen. Lässt man ein explosibeles Gas aus der engen Öffnung eines Gefässes mit einer gewissen Geschwindigkeit ausströmen und zündet dasselbe an, so wird die Flamme an der Stelle des sich ausbreitenden

Gasstromes beginnen, wo die Geschwindigkeit des letzteren gleich der Fortpflanzungsgeschwindigkeit der Flamme ist. Lässt man die Ausströmungsgeschwindigkeit abnehmen, so nähert sich die ruhig brennende Flamme immer mehr der Ausströmungsöffnung, bis sie in das Gefäss hineinschlägt und dann eine plötzliche, explosive Verbrennung der ganzen Masse veranlasst. Versuche über die Geschwindigkeit des Fortschreitens der Flamme sind auch in anderer Form von Mallard und Le Chatelier (S. comptes rendus Bd. 93 S. 145) gemacht worden. Dieselben nahmen ein Rohr, das mit dem explosibelen Gase gefüllt war, zündeten das Gas oben an und ermittelten durch die Zeit, bis die Flamme das untere Ende erreichte, die Geschwindigkeit.

Es zeigte sich hier zunächst die Erscheinung, dass bei zu engen Röhren die Flamme sich überhaupt nicht fortpflanzt, so z. B. bei Röhren von 3.2^{mm} Durchmesser, wenn dieselben mit der explosivsten Mischung von Luft und schlagenden Wettern gefüllt waren, während bei einer Mischung von 30 H mit 70 Theilen Luft diese Erscheinung erst eintrat bei 0.9^{mm} Durchmesser. Ferner stellte sich heraus, dass, wenn das Rohr unten geschlossen ist und die Entzündung von unten stattfindet, stets eine explosive Verbrennung mit Detonation erfolgt, was bei einer Entzündung von oben nicht der Fall ist. Das letztere Entzündungsverfahren führte zu folgenden Resultaten:

Knallgas mit H und O	H und Luft	CO und O
Knallgas + 1/2 Vol. O 17.3^{m}	H Geschw.	CO + O = 2.2^{m}
" + 1 " O 10.0^{m}	0.2 2.0^{m}	Leuchtgas und Luft
" + 1/2 " H 18.0^{m}	0.3 3.4^{m}	0.125 Gas 0.83^{m}
" + 1 " H 11.9^{m}	0.4 4.4^{m}	0.150 " 1.00^{m}
" + 2 " H 8.1^{m}	0.5 3.8^{m}	0.175 " 1.16^{m}
	0.6 2.3^{m}	0.200 " 0.90^{m}

Beträchtlich grössere Geschwindigkeiten ergeben sich bei explosiver Verbrennung und zwar beispielsweise bei einer Mischung von 1 Vol. Knallgas mit 1 Vol. H oder O = 1000^{m}.

Nach Versuchen von Berthelot für reines Wasserstoff- oder Kohlenoxyd-Knallgas ungefähr 2500^{m}.

Die Entzündbarkeit eines Gasgemisches ist wesentlich davon abhängig, in welcher Verdünnung sich die brennbaren Gase in dem Gemische befinden. Man wird annehmen können, dass das Maximum der Verdünnung erreicht ist, wenn bei der Verbrennung die niedrigste Temperatur entsteht, bei welcher eine vollkommene Verbrennung noch stattfindet. Da die letztere aber nicht bekannt ist, so bleibt weiter nichts übrig als die zulässige Verdünnung durch Versuche festzustellen. Da

alle Gase, um die es sich hier handelt, schon mehr oder weniger unbrennbare Gase enthalten, deren Quantität bei den Generatorgasen am grössten, bei dem Leuchtgase am geringsten ist, wird bei dem letzteren der zulässige Luftüberschuss wesentlich grösser sein können, als bei ersteren.

Nutzbarmachung der Wärme.

Um die Wärme als mechanische Kraft nutzbar machen zu können, muss dieselbe endliche Bewegungen unter einem äusseren Drucke erzeugen. Die Ausdehnung fester und flüssiger Körper kann für diesen Zweck nicht verwendet werden, weil sie zu gering ist; es bleibt uns also nur die Ausdehnung beim Übergang fester oder flüssiger Körper in die Dampfform und die Ausdehnung luftförmiger Körper durch die Wärme als Mittel zu ihrer Umwandlung in mechanische Kraft.

Die Ausdehnung, welche ein flüssiger Körper erleidet, indem er in Dampfform übergeht, erfordert nicht nur die Wärmemenge, welche der Kraft $p(V - v)$ entspricht, worin p der Druck auf die Flächeneinheit und $V - v$ die Volumenvergrösserung darstellt, sondern noch eine beträchtliche Wärmemenge, welche zu sogenannter innerer Arbeit verwendet wird, die also als mechanische Kraft nicht fortgeleitet werden kann. Bei der Erwärmung luftförmiger Körper fällt diese innere Arbeit fort oder sie ist wenigstens so unbedeutend, dass wir sie unberücksichtigt lassen können; ihre Verwendung erscheint demnach für unsern Zweck vortheilhafter. Dies Sachverhältniss lässt sich leicht veranschaulichen, wenn wir eine gleiche Wärmemenge einerseits zur Bildung von Dampf und andererseits zur Erwärmung von Luft verwenden und die gewonnenen Kräfte, so weit sie sich auf die einfache Ausdehnung beziehen, mit einander vergleichen. Wir nehmen den einfachsten Fall und verwandeln 1^{kg} Wasser von $0°$ in Dampf von $100°$, also von einer Atmosphäre Spannung. Nach Regnault bedarf man dazu 637 Wärmeeinheiten und man erhält eine Volumenvergrösserung von 1.65^{cbm}. Verwenden wir dasselbe Wärmequantum, um Luft von $0°$ und einer Atmosphäre Spannung bei constantem Druck zu erwärmen, so müssen wir zunächst berücksichtigen, dass die specifische Wärme der Luft $= 0.2375$ von der des Wassers ist; wir können also $\frac{1}{0.2375}$ kg Luft bis $637°$ oder 1^{kg} bis $\frac{637}{0.2375}$ Grad erwärmen, was bezüglich der Ausdehnung zu demselben Resultate führt. Nun ist das Volumen von 1^{kg} Luft $= 0.773^{\text{cbm}}$ und der Ausdehnungscoefficient $= 0.00366$, mithin erhalten wir durch

die Erwärmung von $\frac{1}{0.2375}$ kg oder $\frac{0.773}{0.2375}$ cbm Luft bis 637° eine Ausdehnung, die $= \frac{0.773}{0.2375} \cdot 0.00366 \cdot 637 = 7.58^{\text{cbm}}$ ist. Diese Ausdehnung ist nahe 4.6mal so gross wie das Dampfvolumen, und da sie bei demselben Drucke stattfand, wie die Dampfbildung, so ist auch die Kraft $p(V - v)$ für unser Beispiel 4.6mal so gross wie die bei der Verdampfung gewonnene Kraft.

Man beachte noch, dass die Kraft genau dieselbe geblieben wäre, wenn wir Luft von höherer Spannung erwärmt hätten, weil nach dem MARIOTTE'schen Gesetz Volumen und Druck im umgekehrten Verhältnisse stehen.

Wenn wir nun, anstatt einem luftförmigen Körper Wärme von aussen zuzuführen, was ohne beträchtliche Wärmeverluste nicht möglich ist, brennbare Gase verwenden und die Spannungs- oder Volumenzunahme der Verbrennungsproducte direct nutzbar machen, so muss dies Verfahren als das einfachste und zweckmässigste erscheinen. Nicht so unbedingt gilt dies aber in der Praxis, in der sich diesem Verfahren mannigfache Schwierigkeiten entgegenstellen, die zum Theil ihren Grund in der hohen Verbrennungstemperatur, zum Theil in dem zu überwindenden Gegendruck der atmosphärischen Luft haben. Sehen wir zunächst von den Schwierigkeiten, welche die hohen Temperaturen veranlassen, ganz ab und untersuchen, welchen Einfluss der Gegendruck der Atmosphäre auf den Nutzeffect hat.

Die freie Wärme eines luftförmigen Körpers ist bekanntlich der absoluten Temperatur T, respective dem Product pv proportional. Führen wir demselben Wärme zu, so nimmt auch T zu und es ändert sich p oder v oder beides. In jedem Fall kann Kraft nur gewonnen werden, wenn während oder nach der Erwärmung eine Ausdehnung erfolgt. Da bei dieser Ausdehnung aber stets der Gegendruck der atmosphärischen Luft zu überwinden ist, so geht ein um so grösserer Theil der Kraft ungenutzt verloren, je geringer der Druck des sich ausdehnenden Gases ist. Wäre der Überdruck $= 0$, die Spannung also nur eine Atmosphäre, so könnte überhaupt eine Kraft nicht nutzbar gemacht werden, es sei denn auf indirectem Wege, indem durch Abkühlung bei constantem Volumen eine Druckabnahme erzeugt wird, nach welcher der Überdruck der Atmosphäre zur Wirkung kommt.

Es geht hieraus hervor, dass, wenn man sich nicht auf die Druckerhöhung beschränken will, welche bei Erwärmung bei constantem Volumen eintreten würde, man die zu erwärmenden Gase comprimiren muss, um einen günstigen Nutzeffect zu erhalten. Durch

die Expansion nach erfolgter Erwärmung bis zu einer Atmosphäre Spannung wird dann nicht nur die zur Compression erforderlich gewesene Kraft wiedergewonnen, sondern man erhält auch noch einen Überschuss, der um so grösser ist, je mehr Wärme man zuführte, und je stärker das Gas vorher comprimirt wurde. Durch die Compression erhöht sich die Temperatur des Gases; findet nun durch Wärmezuführung von aussen oder durch den Verbrennungsprocess eine weitere Temperaturerhöhung statt, so muss auch nach der Expansion bis zu einer Atmosphäre Spannung die Temperatur höher sein, als sie ursprünglich war und die dieser Temperaturdifferenz entsprechende Wärmemenge geht für unsern Zweck verloren. Um alle zugeführte Wärme als Kraft dem Körper wieder zu entziehen, müsste die Expansion soweit erfolgen, bis die ursprüngliche Temperatur wieder erreicht ist. Obgleich es, wegen des zur Überwindung der Reibungswiderstände erforderlichen Überdruckes, nicht einmal zweckmässig erscheint, die Expansion bis zu einer Atmosphäre Spannung stattfinden zu lassen, ergiebt doch die Theorie noch einen Kraftgewinn, wenn die Expansion bis zur ursprünglichen Temperatur, also bis unter den Druck der Atmosphäre erfolgt. Denn wenn wir, um das bis unter den Druck einer Atmosphäre expandirte Gas aus der Maschine zu entfernen, es bei constanter Temperatur, also unter Wärmeabführung wieder auf eine Atmosphäre Spannung bringen, geht weniger Wärme durch diese Ableitung verloren, als vorher durch die Expansion nutzbar gemacht wurde. Dieser Wärmeverlust, durch die Ableitung bei constanter Temperatur und während der Compression bis zu einer Atmosphäre Spannung, ist der geringste mögliche und unvermeidlich.

Wäre dieses Minimum des Wärmeverlustes ein constantes im Verhältnisse zu der nutzbar gemachten Wärmemenge, so könnte man nach der letzteren den Wirkungsgrad unserer Gasmotoren beurtheilen. Da dies aber nicht der Fall ist, so ziehen wir vor, den Wirkungsgrad durch das Verhältniss der nutzbar gemachten Wärme zu dem Heizeffecte zu bemessen, wonach derselbe geringer erscheint, als er thatsächlich ist. In der Praxis wird das relative Güteverhältniss immer durch das pro Pferdekraft und Stunde verbrauchte Brennmaterial am sichersten ausgedrückt werden.

Berechnung des Wirkungsgrades.

Um ohne Rücksicht auf Wärmeleitung, und andere unvermeidliche Kraftverluste den Wirkungsgrad der Gasmotoren je nach der Art und Weise, wie die Kraft der Verbrennungsproducte nutzbar gemacht

wird, bestimmen zu können, setzen wir für das Folgende einige Formeln der mechanischen Wärmetheorie voraus und führen die in derselben üblichen Bezeichnungen ein und zwar: für das mechanische Wärmeäquivalent $\frac{1}{A}$, für das Verhältniss der specifischen Wärme bei constantem Druck zur specifischen Wärme bei constantem Volumen $\frac{c_p}{c_v} = \varkappa$, für p und v Druck und Volumen der Gewichtseinheit, T die absolute Temperatur des Gases $= 273 + t^\circ$ Celsius. Es gelten dann folgende Gleichungen:

Nach dem vereinigten MARIOTTE und GAY-LUSSAC'schen Gesetz ist

$$(1) \qquad \frac{pv}{T} = \text{einer Constanten } R \text{ oder } pv = RT,$$

ferner, weil $\frac{pv}{T}$ die Kraft ist, welche der Ausdehnung bei Erwärmung der Gewichtseinheit bei constantem Druck um 1° entspricht, ist

$$\frac{Apv}{T} = AR = c_p - c_v = (\varkappa - 1)\, c_v \quad \text{oder}$$

$$(2) \qquad \frac{c_v}{AR} = \frac{1}{\varkappa - 1}.$$

Wenn eine Expansion ohne Wärmezuführung oder eine Compression ohne Wärmeabführung stattfindet, so dass das Gas aus dem Zustande p_0, v_0 und T_0 in den Zustand p_1, v_1 und T_1 oder umgekehrt, übergeht, dann ist

$$(3) \qquad p_0 v_0^\varkappa = p_1 v_1^\varkappa = \text{Const. die Gleichung der adiabatischen Curve.}$$

Aus dieser Gleichung erhält man:

$$(4) \qquad \frac{p_0 v_0}{p_1 p_1} = \left(\frac{v_1}{v_0}\right)^{\varkappa - 1} \quad \text{und weil } \frac{p_0 v_0}{T_0} = \frac{p_1 v_1}{T_1} \text{ ist, auch}$$

$$(5) \qquad \frac{T_0}{T_1} = \left(\frac{v_1}{v_0}\right)^{\varkappa - 1}. \quad \text{Ferner folgt aus Gleichung (3)}$$

$$(6) \qquad \frac{v_1}{v_0} = \left(\frac{p_0}{p_1}\right)^{\frac{1}{\varkappa}}, \quad \text{also auch}$$

$$(7) \qquad \frac{T_0}{T_1} = \left(\frac{p_0}{p_1}\right)^{\frac{\varkappa - 1}{\varkappa}}.$$

Die Arbeit, welche die Gewichtseinheit Gas bei der Expansion verrichtet oder die derselben gleiche Kraft L ist:

(8) $L = \frac{c_v}{A}(T_1 - T_0)$ oder mit Rücksicht auf obige Gleichungen,

(9) $$L = \frac{p_1 v_1}{\varkappa - 1}\left[1 - \left(\frac{v_1}{v_0}\right)^{\varkappa - 1}\right] \text{ oder}$$

(10) $$L = \frac{p_1 v_1}{\varkappa - 1}\left[1 - \left(\frac{p_0}{p_1}\right)^{\frac{\varkappa - 1}{\varkappa}}\right].$$

Die zu dieser Leistung erforderliche Wärmemenge ist $Q = AL$.

Setzen wir in Gleichung (9) $v_0 = \infty$ oder in Gleichung (10) $p = 0$, dann erhalten wir die Kraft, welche gewonnen werden würde, wenn eine Ausdehnung ohne Wärmezuführung stattfände, bis der Druck gleich 0 ist. Sie drückt sich durch $\frac{p_1 v_1}{\varkappa - 1}$ aus, d. h. durch das Product von Volumen und Druck auf die Flächeneinheit dividirt durch $\varkappa - 1$. Es kann also durch die weitestgehende Expansion eines Gasvolumens keine grössere Kraft gewonnen werden, als das $\frac{1}{\varkappa - 1}$fache von pv. Da $pv = RT$ ist, so ist die freie Wärmemenge, welche in der Gewichtseinheit Gas von dem Zustande pv sich befindet, der absoluten Temperatur T proportional.

Bevor wir zur Anwendung der angeführten Formeln schreiten, muss noch hervorgehoben werden, dass der Werth $\varkappa$ d. i. $\frac{c_p}{c_v}$ kein constanter ist; er ist einerseits in Folge der Disgregation abhängig von der Temperatur, anderseits von dem Stoffe selbst. Wir machen also unzweifelhaft einen Fehler, wenn wir für $\varkappa$ bei den Verbrennungsgasen denselben Werth setzen, wie für die Verbrennungsproducte; doch ist dieser Fehler, durch den die Darstellung vereinfacht wird, so lange unvermeidlich, wie Experimente über die specifische Wärme bei sehr hohen Temperaturen nicht vorliegen. Er verliert auch in sofern etwas von seiner Bedeutung, als die atmosphärische Luft stets den grössten Theil des Volumens einnimmt. Nach WÜLLNER gelten für das Verhältniss der specifischen Wärmen folgende Werthe:

Gasart	$\varkappa$ bei 0° CELSIUS.	$\varkappa$ bei 100° CELSIUS.
Atmosphärische Luft......	1.40526	1.40289
Kohlenoxydgas	1.40320	1.39465
Kohlensäure	1.31131	1.28212
Äthylen	1.24548	1.18700

In gleicher Weise machen wir einen kleinen Fehler, wenn wir Volumen und Druck eines Gasgemisches nach der Verbrennung behandeln, wie wenn wir diesem Gasgemische nur Wärme zugeführt hätten, also ohne alle Rücksicht auf die chemischen und anderweiten physikalischen Veränderungen, welche der Verbrennungsprocess herbeigeführt hat. Ein Eingehen auf alle diese Umstände ist für den einzelnen Fall nicht schwierig, würde für die folgende allgemeinere Darstellung aber den Überblick sehr erschweren.

Wir nehmen an, dass nicht nur die zur Verbrennung gelangenden Gase, sondern auch die dazu erforderliche, respective im Überschusse vorhandene Luft comprimirt sei; der Verbrennungsprocess kann dann entweder explosiv, also unter plötzlicher Druckzunahme, oder allmälig unter constantem Druck, also bei zunehmendem Volumen erfolgen. Obgleich thatsächlich keine von beiden Verbrennungsmethoden in vollkommener Weise stattfinden kann, setzen wir doch der Einfachheit wegen eine solche voraus und betrachten zunächst den ersten Fall.

Der Zustand des Gasgemisches sei bei einer Atmosphäre Spannung durch p_0, v_0, T_0 gegeben und durch Compression in p_1, v_1 und T_1 übergegangen. Durch die explosive Verbrennung hat bei constantem Volumen der Druck p_1 bis p_{11} und die Temperatur von T_1 bis T_{11} zugenommen, es ist also $p_{11} = p_1 \frac{T_{11}}{T_1}$ geworden, und es kommt nur die durch die Expansion der Verbrennungsproducte bis zur Spannung einer Atmosphäre nutzbar gemachte Kraft in Betracht.

Wir bestimmen zunächst nach Gleichung (7) die Temperatur des Gasgemisches nach der Expansion, die wir mit T_{111} bezeichnen. Es ist

$$\frac{T_{111}}{T_{11}} = \left(\frac{p_0}{p_{11}}\right)^{\frac{\varkappa-1}{\varkappa}} = \left(\frac{p_0 T_1}{p_1 T_{11}}\right)^{\frac{\varkappa-1}{\varkappa}} \text{ oder weil}$$

$$\left(\frac{p_0}{p_1}\right)^{\frac{\varkappa-1}{\varkappa}} = \frac{T_0}{T_1} \text{ ist,}$$

$$T_{111} = \frac{T_{11} \cdot T_0}{T_1}\left(\frac{T_1}{T_{11}}\right)^{\frac{\varkappa-1}{\varkappa}} = T_0\left(\frac{T_{11}}{T_1}\right)^{\frac{1}{\varkappa}}.$$

Die gewonnene Kraft ist also nach Gleichung (8), weil die Temperatur von T_{11} bis T_{111} abgenommen hat,

$$(11) \quad L = \frac{c_v}{A}\left[T_{11} - T_0\left(\frac{T_{11}}{T_1}\right)^{\frac{1}{\varkappa}}\right] \text{ oder } \frac{R}{\varkappa - 1}\left[T_{11} - T_0\left(\frac{T_{11}}{T_1}\right)^{\frac{1}{\varkappa}}\right].$$

Von dieser Kraft ist abzuziehen: die zur Compression des Gasgemisches erforderliche, sowie die dem Gegendrucke der Luft für die Volumenvergrösserung gegen das ursprüngliche Volumen v_0 entsprechende Kraft. Die erstere bezeichnen wir mit l_1, die letztere mit l_{11}. Nach Gleichung (8) und (2) ist

$$l_1 = \frac{R}{\varkappa - 1}(T_1 - T_0).$$

Um l_{11} zu ermitteln, müssen wir zunächst das Volumen v_{111} bestimmen, das die Gase nach der Expansion einnehmen. Nach Gleichung (6) ist

$$v_{\text{III}} = v_{\text{I}} \left(\frac{p_{\text{I}} \frac{T_{\text{II}}}{T_{\text{I}}}}{p_0} \right)^{\frac{1}{\varkappa}} = v_{\text{I}} \left(\frac{p_{\text{I}}\, T_{\text{II}}}{p_0\, T_{\text{I}}} \right)^{\frac{1}{\varkappa}}.$$ Nun ist ebenfalls nach Gleichung (6)

$$v_{\text{I}} \left(\frac{p_{\text{I}}}{p_0} \right)^{\frac{1}{\varkappa}} = v_0$$ und wenn wir diesen Werth substituiren,

(12) $$v_{\text{III}} = v_0 \left(\frac{T_{\text{II}}}{T_{\text{I}}} \right)^{\frac{1}{\varkappa}}.$$ Diesen Werth in

$l_{\text{II}} = p_0 (v_{\text{III}} - v_0)$ gesetzt, liefert

$$l_{\text{II}} = p_0 v_0 \left(\left(\frac{T_{\text{II}}}{T_{\text{I}}} \right)^{\frac{1}{\varkappa}} - 1 \right) = R T_0 \left(\left(\frac{T_{\text{II}}}{T_{\text{I}}} \right)^{\frac{1}{\varkappa}} - 1 \right).$$

Die Nutzleistung ist demnach:

$$L - l_{\text{I}} - l_{\text{II}} = \frac{R}{\varkappa - 1} \left[T_{\text{II}} - T_0 \left(\frac{T_{\text{II}}}{T_{\text{I}}} \right)^{\frac{1}{\varkappa}} - T_{\text{I}} + T_0 - (\varkappa - 1)\, T_0 \left(\left(\frac{T_{\text{II}}}{T_{\text{I}}} \right)^{\frac{1}{\varkappa}} - 1 \right) \right]$$

oder

(13) $$L - l_{\text{I}} - l_{\text{II}} = \frac{R}{\varkappa - 1} \left[T_{\text{II}} - T_{\text{I}} - \varkappa T_0 \left(\left(\frac{T_{\text{II}}}{T_{\text{I}}} \right)^{\frac{1}{\varkappa}} - 1 \right) \right].$$

Die Wärmemenge, welche dieser Leistung entspricht, ist, weil $\frac{AR}{\varkappa - 1} = c_v$ ist,

$$Q = c_v \left[T_{\text{II}} - T_{\text{I}} - \varkappa T_0 \left(\left(\frac{T_{\text{II}}}{T_{\text{I}}} \right)^{\frac{1}{\varkappa}} - 1 \right) \right].$$

Das dem Gasgemische durch die Verbrennung zugeführte Wärmequantum ist

$Q_{\text{I}} = c_v (T_{\text{II}} - T_{\text{I}})$ mithin den Wirkungsgrad $\frac{Q}{Q_{\text{I}}} = \eta$ gesetzt,

(14) $$\eta = 1 - \frac{\varkappa T_0 \left(\left(\frac{T_{\text{II}}}{T_{\text{I}}} \right)^{\frac{1}{\varkappa}} - 1 \right)}{T_{\text{II}} - T_{\text{I}}} = 1 - \frac{T_0}{T_{\text{I}}} \cdot \varkappa \frac{\left(\frac{T_{\text{II}}}{T_{\text{I}}} \right)^{\frac{1}{\varkappa}} - 1}{\frac{T_{\text{II}}}{T_{\text{I}}} - 1}.$$

Aus dieser Formel erkennt man an dem Factor $\frac{T_0}{T_1}$ den wichtigen Einfluss der Compression vor der Verbrennung, während der Factor

$$\frac{\varkappa\left(\frac{T_{11}}{T_1}\right)^{\frac{1}{\varkappa}} - \varkappa}{\frac{T_{11}}{T_1} - 1}$$

den Einfluss der Temperaturerhöhung auf den Wirkungsgrad erkennen lässt. Je mehr sich $\frac{T_{11}}{T_1}$ dem Werthe 1 nähert, um so mehr nähert sich auch dieser Factor dem Werthe 1. Man erhält beispielsweise, wenn

$\frac{T_{11}}{T_1} =$	$\varkappa\frac{\left(\frac{T_{11}}{T_1}\right)^{\frac{1}{\varkappa}} - 1}{\frac{T_{11}}{T_1} - 1} =$
1.5	0.938
2	0.894
2.5	0.860
3	0.831

Das Minimum des Wirkungsgrades ist also $1 - \frac{T_0}{T_1}$ und derselbe nimmt zu, je höher die Temperatur bei der Explosion steigt. Für einige Werthe von $\frac{T_0}{T_1}$ und von $\frac{T_{11}}{T_1}$ möge beispielsweise der Wirkungsgrad berechnet werden.

Wir comprimiren das Gasgemisch bis vier Atmosphären, dann ergiebt sich nach Gleichung (7) $\frac{T_0}{T_1} = 0.669$ und der geringste Wirkungsgrad wird $= 1 - 0.669 = 0.331$. Für

$\frac{T_{11}}{T_1} = 1.5$ wird der Wirkungsgrad $= 0.372$
» $= 2$ » » » $= 0.402$
» $= 2.5$ » » » $= 0.425$
» $= 3$ » » » $= 0.444$.

Hätten wir das Gas auf acht Atmosphären comprimirt, so würden wir dagegen $\frac{T_0}{T_1} = 0.547$ erhalten und den geringsten Wirkungsgrad gleich $1 - 0.547 = 0.453$; mithin für

$\frac{T_{II}}{T_I} = 1.5$ wird der Wirkungsgrad $= 0.487$

» $= 2$ » » » $= 0.511$

» $= 2.5$ » » » $= 0.529$

» $= 3$ » » » $= 0.545$

Wir haben schon erwähnt, dass es wegen der Reibungswiderstände des Motors sich nicht empfiehlt, die Expansion bis zu einer Atmosphäre Spannung stattfinden zu lassen; es dürfte vielmehr, wie bei den OTTO'schen Gasmaschinen, zuweilen als ausreichend erachtet werden können, wenn die Expansion nach der Explosion bis zu demselben Volumen erfolgt, welches die Gasmischung vor der Compression einnahm. Wir wollen noch untersuchen, wie hoch sich dann der Wirkungsgrad herausstellt.

Ermitteln wir zunächst die Temperatur T_{III} nach der Expansion, dann ersieht sich leicht, dass dieselbe in demselben Verhältniss abgenommen haben muss, wie sie bei der Compression zunahm, wir haben also: $T_0 : T_I = T_{III} : T_{II}$ und

$$T_{III} = \frac{T_0 \cdot T_{II}}{T_I}. \tag{15}$$

Die Leistung wird dann

$$L = \frac{R}{\varkappa - 1}\left(T_{II} - \frac{T_0 \cdot T_{II}}{T_I}\right). \tag{16}$$

Da eine Volumenvergrösserung über v_0 hinaus nicht stattfinden soll, ist hiervon nur die zur Compression erforderliche Kraft $l_I = \frac{R}{\varkappa - 1}(T_I - T_0)$ abzuziehen, das giebt:

$$L - l_I = \frac{R}{\varkappa - 1}\left(T_{II} - T_I - \frac{T_0}{T_I}(T_{II} - T_I)\right). \tag{17}$$

Dieser Leistung entspricht die Wärmemenge

$$Q = \frac{AR}{\varkappa - 1}\left(T_{II} - T_I - \frac{T_0}{T_I}(T_{II} - T_I)\right) = c_v\left(T_{II} - T_I - \frac{T_0}{T_I}(T_{II} - T_I)\right);$$

durch die Verbrennung wurde das Wärmequantum $Q_I = c_v(T_{II} - T_I)$ zugeführt, der Wirkungsgrad $\frac{Q}{Q_I}$ ist demnach

$$\eta = c_v \frac{\left(T_{II} - T_I - \frac{T_0}{T_I}(T_{II} - T_I)\right)}{c_v(T_{II} - T_I)} = 1 - \frac{T_0}{T_I}. \tag{18}$$

Derselbe ist also nur von dem Maasse der Compression abhängig, nicht von der zugeführten Wärmemenge; diese kommt erst in Betracht, wenn eine weitere Expansion stattfinden sollte als bis zum Volumen v_0, und der Factor von $\frac{T_0}{T_I}$ in Gleichung (14) giebt den Einfluss derselben an.

Wir kommen zu dem zweiten Fall, der Verbrennung bei constantem Druck und setzen wieder voraus, dass das Gas von einer Atmosphäre Spannung durch Compression aus dem Zustand $p_0 v_0 T_0$ in den Zustand $p_I v_I T_I$ übergegangen sei. Durch die Verbrennung geht das Volumen v_I in das Volumen v_{II} über, während der Druck $= p_I$ bleibt; es wird mithin die Kraft $p_I (v_{II} - v_I)$ gewonnen. Die Temperatur nimmt in demselben Verhältnisse zu, wie das Volumen, wir haben also $T_{II} = \frac{v_{II}}{v_I} T_I$ oder $v_{II} = \frac{T_{II}}{T_I} v_I$ und hiernach auch die Kraft

$$(19) \qquad L_I = p_I (v_{II} - v_I) = \frac{p' v'}{T_I} (T_{II} - T_I)$$

oder mit Rücksicht auf Gleichung (1) $= R (T_{II} - T_I)$.

Lassen wir nunmehr die Verbrennungsproducte von dem Volumen v_{II} bis zu dem Volumen v_{III} expandiren, bei welchem sie wieder eine Atmosphäre Spannung haben, dann muss das Gas sich genau in demselben Verhältnisse wieder ausdehnen, in dem es vorher comprimirt wurde, wir haben also $v_{III} : v_{II} = v_0 : v_I$ oder

$$v_{III} = \frac{v_{II}}{v_I} v_0 = \frac{T_{II}}{T_I} v_0.$$

Ebenso muss aber auch in demselben Verhältnisse, in dem bei der Compression die Temperatur zugenommen hatte, dieselbe jetzt abnehmen; sie wird also $= \frac{T_0}{T_I} T_{II}$. Mit Rücksicht auf diese Temperaturabnahme ist die durch Expansion gewonnene Kraft nach Gleichung (8):

$$(20) \qquad L_{II} = \frac{c_v}{A} \left(T_{II} - \frac{T_0}{T_I} T_{II} \right) = \frac{R}{\varkappa - 1} \left(T_{II} - \frac{T_0}{T_I} T_{II} \right),$$

also die Gesammtleistung:

$$L_{\text{I}} + L_{\text{II}} = \frac{R}{\varkappa - 1}\left((\varkappa - 1)(T_{\text{II}} - T_{\text{I}}) + T_{\text{II}} - \frac{T_0}{T_{\text{I}}} T_{\text{II}}\right)$$
$$= \frac{R}{\varkappa - 1}\left(\varkappa T_{\text{II}} - (\varkappa - 1) T_{\text{I}} - \frac{T_0}{T_{\text{I}}} T_{\text{II}}\right).$$

Hiervon ist abzuziehen: 1. die zur Compression vor der Verbrennung erforderliche Kraft

$$l_{\text{I}} = \frac{R}{\varkappa - 1}(T_{\text{I}} - T_0),$$

2. die Kraft, welche dem Gegendrucke der Luft entspricht, wobei es sich nur um die Volumenvergrösserung von v_0 bis v_{III} handeln kann, weil der atmosphärische Druck bei der Compression in demselben Maasse vortheilhaft wirkt, wie bei der Expansion nachtheilig. Die Kraft, welche durch den Gegendruck der Atmosphäre verloren geht, ist mithin

$$l_{\text{II}} = p_0(v_{\text{III}} - v_0) = p_0 v_0 \left(\frac{T_{\text{II}}}{T_{\text{I}}} - 1\right) = R \cdot \frac{T_0}{T_{\text{I}}}(T_{\text{II}} - T_{\text{I}}).$$

Hiernach ist die Nutzleistung

$$L_{\text{I}} + L_{\text{II}} - l_{\text{I}} - l_{\text{II}} = \frac{R}{\varkappa - 1}\left(\varkappa T_{\text{II}} - (\varkappa - 1) T_{\text{I}} - \frac{T_0}{T_{\text{I}}} T_{\text{II}} - T_{\text{I}} + T_0 - (\varkappa - 1)\frac{T_0}{T_{\text{I}}}(T_{\text{II}} - T_{\text{I}})\right)$$

(21)
$$= \frac{R\varkappa}{\varkappa - 1}(T_{\text{II}} - T_{\text{I}})\left(1 - \frac{T_0}{T_{\text{I}}}\right).$$

Dieser Nutzleistung entspricht das Wärmequantum

$$Q = \frac{AR\varkappa}{\varkappa - 1}(T_{\text{II}} - T_{\text{I}})\left(1 - \frac{T_0}{T_{\text{I}}}\right) \text{ oder weil } \frac{AR}{\varkappa - 1} = c_v \text{ und } \varkappa = \frac{c_p}{c_v} \text{ ist,}$$

$$Q = c_p(T_{\text{II}} - T_{\text{I}})\left(1 - \frac{T_0}{T_{\text{I}}}\right).$$

Die aufgewendete Wärme ist, weil die Erwärmung bei constantem Druck erfolgte, $Q_1 = c_p(T_{\text{II}} - T_{\text{I}})$, mithin ist der Wirkungsgrad $\frac{Q}{Q_1}$ oder

(22)
$$\eta = 1 - \frac{T_0}{T_{\text{I}}}.$$

Der Wirkungsgrad ist also derselbe, wie ihn Gleichung (18) ergab und nur von der ursprünglichen und der durch Compression erzeugten Temperatur abhängig, die Quantität der zugeführten Wärme hat keinen Einfluss auf denselben. Dies ist auch aus der graphischen Darstellung der Fig. 1 leicht nachweisbar. In derselben ist ab

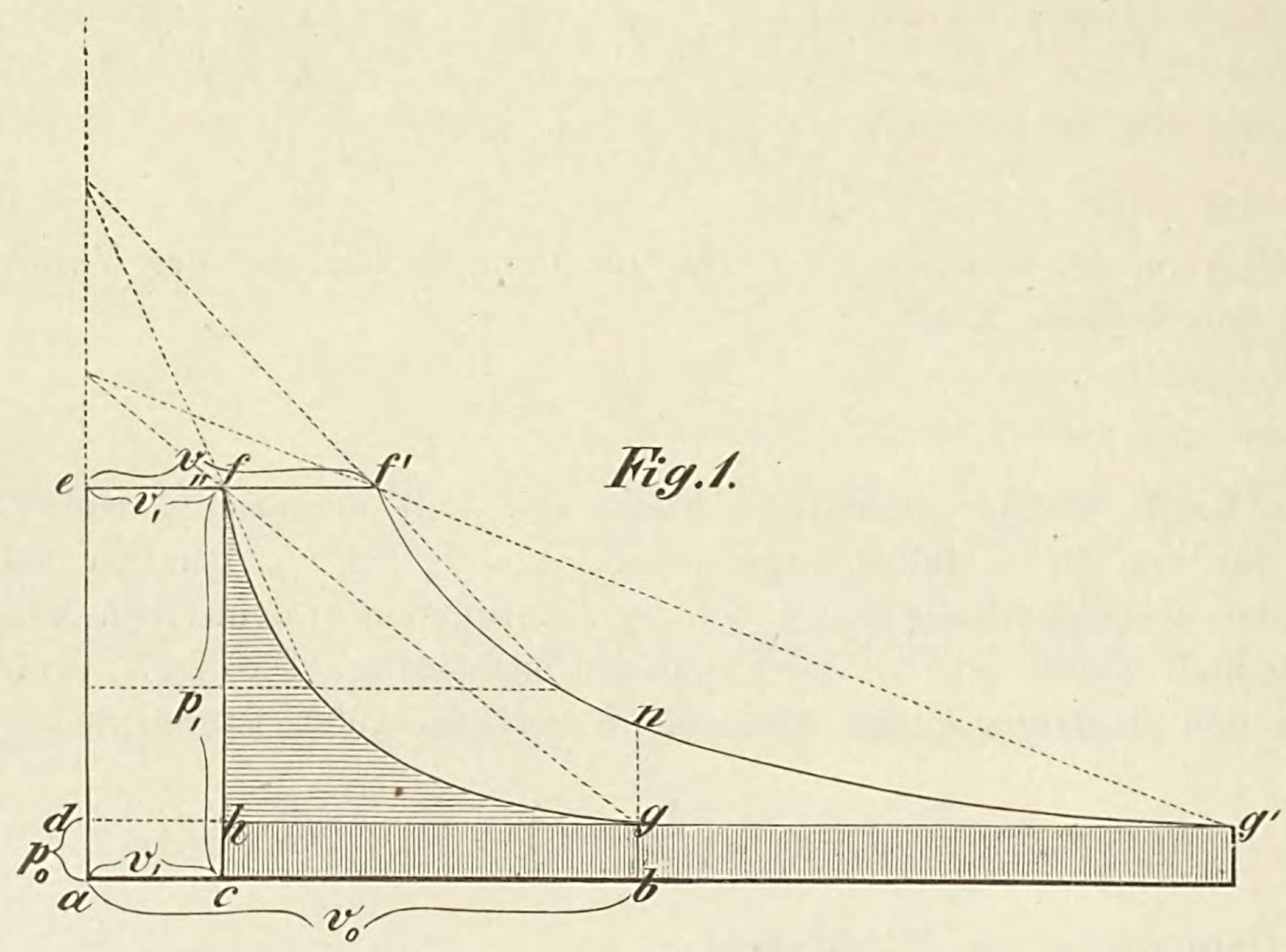


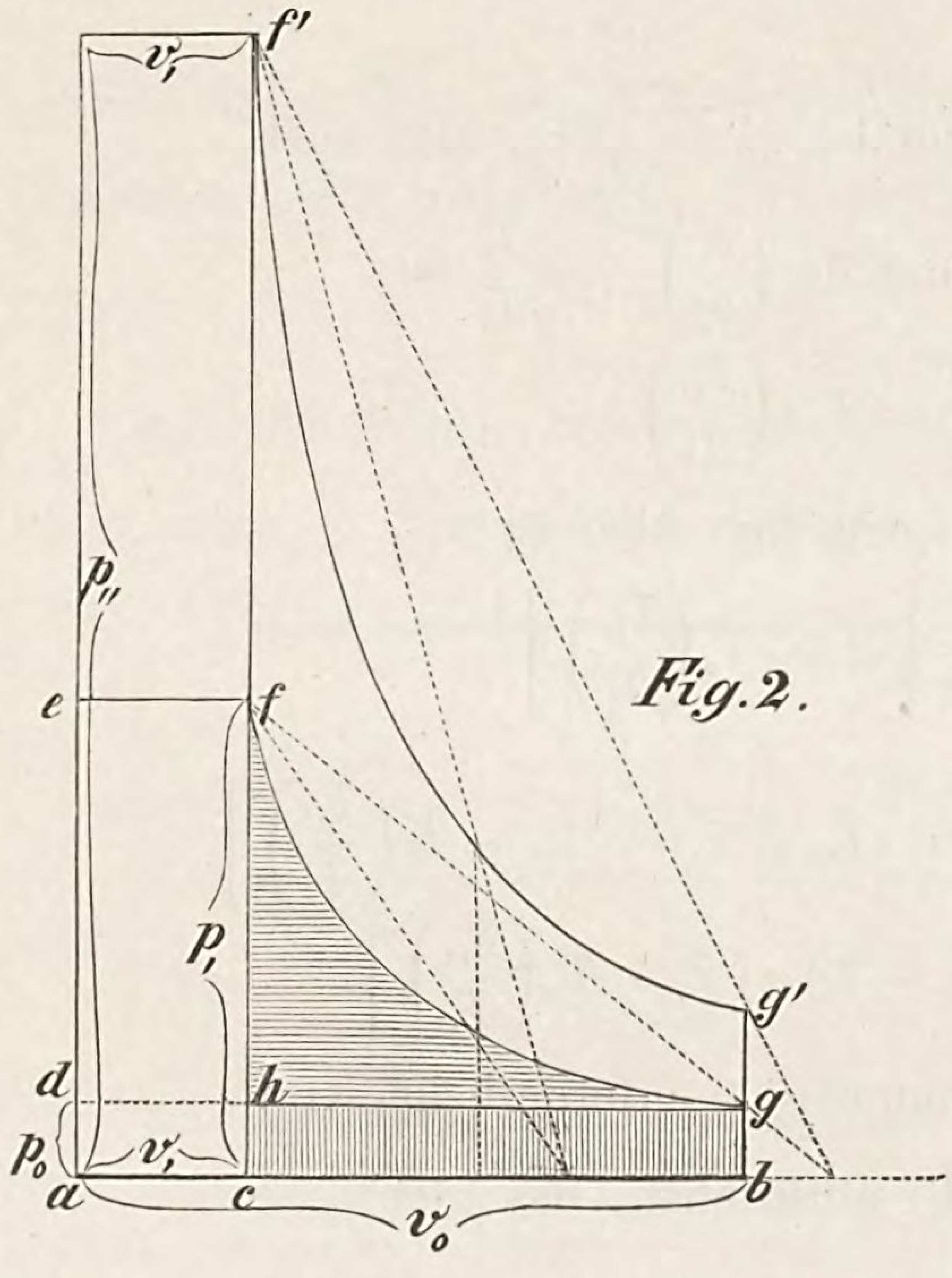
Fig. 1.

das ursprüngliche Gesammtvolumen der Mischung v_0, das bis auf das Volumen $ac = v_1$ comprimirt ist. Hierbei ist die ursprüngliche Spannung von einer Atmosphäre $bg = ad = p_0$ gewachsen bis auf $ae = cf = p_1$. Die zur Compression erforderliche Kraft wird mit Rücksicht auf den im gleichen Sinne wirkenden Atmosphärendruck durch die horizontal schraffirte Fläche fgh dargestellt. Darauf hat unter constantem Druck durch die Erwärmung eine Volumenvergrösserung von $ef = v_1$ bis $ef' = v_{11}$ stattgefunden und demnächst die Expansion bis zu einer Atmosphäre Spannung. Mit Rücksicht auf den Gegendruck der Luft stellt also die Fläche $ff'g'g$ die gewonnene Kraft dar. Nun sind fg und $f'g'$ adiabatische Curven, für welche die allgemeine Gleichung

$$p v^{\varkappa} = \text{Const. gilt.}$$

Für die Curve fg ist diese Constante $= p_1 v_1^{\varkappa}$ und für Curve $f'g'$ ist dieselbe $= p_1 v_{11}^{\varkappa}$; die Constanten verhalten sich also wie $v_1^{\varkappa} : v_{11}^{\varkappa}$. Ebenso müssen sich auch für gleiche Werthe von p, die wir in die betreffenden beiden Gleichungen einsetzen, die dazugehörigen Volumen, in die $\varkappa$te Potenz erhoben, verhalten; woraus folgt, dass letztere stets proportional dem Verhältniss $v_1 : v_{11}$ sein müssen. Es ist dies in der Fig. 1 durch die punktirten Linien angedeutet, die sich in der verlängerten ae schneiden. Man hat hierin ein einfaches Mittel, die Curve $f'g'$ zu construiren, wenn man vorher die Curve fg durch Rechnung bestimmt hat; und man erkennt leicht,

dass der Flächeninhalt von $ff'g'g$, der die gewonnene Kraft darstellt, auch proportional ff' sein muss, also auch proportional der zugeführten Wärmemenge, die die Ausdehnung ff' bewirkt.



In gleicher Weise lässt sich auch durch Fig. 2 die Richtigkeit der mit Gleichung (22) identischen Gleichung (18) nachweisen, die wir unter der Annahme erhielten, dass eine explosive Verbrennung, also Erwärmung bei constantem Volumen und Expansion bis zum Volumen v_0 stattfinden sollte. Die den beiden adiabatischen Curven entsprechenden Constanten verhalten sich jetzt wie $p_1 : p_{11}$, und die veränderlichen Drucke p bei der Expansion stehen für ein gleiches v in demselben Verhältniss. Es ist dies hier durch die in der Linie ab oder deren Verlängerung sich treffenden punktirten Linien angedeutet, und wir können aus dieser Proportionalität dieselben Schlüsse ziehen, wie oben.

Wenngleich es hiernach scheint, als ob beide Erwärmungsarten auch praktisch zu einem gleichen Resultat führen müssten, so darf doch nicht übersehen werden, dass bei explosiver Verbrennung die Expansion weiter ausgenützt werden könnte. Wollten wir bei Verbrennung unter constantem Druck die Expansion nur bis zu demselben Volumen v_0 nutzbar machen, so würde die dem Inhalt der Fläche gng' Fig. 1 entsprechende Kraft in Fortfall kommen, der Wirkungsgrad also um so geringer werden, je grösser die Ausdehnung bei constantem Druck wird. Wir wollen dies noch rechnungsmässig feststellen.

Die Kraft, welche der einfachen Volumenvergrösserung von v_1 bis v_{11} entspricht, hatten wir schon nach Gleichung (19) gefunden:

$$L_1 = R\,(T_{11} = T_1).$$

Um die Kraft zu ermitteln, welche der Expansion des Volumens v_{11} bis zu dem Volumen v_0 entspricht, möge zunächst die Temperatur T_{111}

ermittelt werden, welche die Verbrennungsproducte nach der Expansion annehmen. Mit Rücksicht darauf, dass dieselben aus dem Zustande $v_{II}\,T_{II}$ in den Zustand $v_0\,T_{III}$ übergehen, ist nach Gleichung (5) zu setzen:

$$\frac{T_{III}}{T_{II}} = \left(\frac{v_{II}}{v_0}\right)^{\varkappa-1} \text{ oder}$$

$$T_{III} = T_{II}\left(\frac{v_{II}}{v_0}\right)^{\varkappa-1}. \quad \text{Nun ist } v_{II} = \frac{T_{II}}{T_I}v_I, \text{ also auch}$$

$$T_{III} = T_{II}\left(\frac{T_{II}\,v_I}{T_I\,v_0}\right)^{\varkappa-1}, \text{ und da } \left(\frac{v_I}{v_0}\right)^{\varkappa-1} = \frac{T_0}{T_I} \text{ ist,}$$

$$(23)\qquad T_{III} = T_{II}\cdot\frac{T_0}{T_I}\cdot\left(\frac{T_{II}}{T_I}\right)^{\varkappa-1} = T_0\cdot\left(\frac{T_{II}}{T_I}\right)^{\varkappa}.$$

Die Gleichung (20) für L_{II} geht nun über in

$$(24)\qquad L_{II} = \frac{R}{\varkappa-1}\left[T_{II} - T_0\left(\frac{T_{II}}{T_I}\right)^{\varkappa}\right].$$

Es ist also

$$L_I + L_{II} = \frac{R}{\varkappa-1}\left[(\varkappa-1)(T_{II}-T_I) + T_{II} - T_0\left(\frac{T_{II}}{T_I}\right)^{\varkappa}\right]$$

$$= \frac{R}{\varkappa-1}\left[\varkappa(T_{II}-T_I) + T_I - T_0\left(\frac{T_{II}}{T_I}\right)^{\varkappa}\right].$$

Hiervon ist nur die zur Compression erforderliche Kraft

$$l_I = \frac{R}{\varkappa-1}(T_{II} - T_0) \text{ abzuziehen, das giebt:}$$

$$(25)\qquad L_I + L_{II} - l_I = \frac{R}{\varkappa-1}\left[\varkappa(T_{II}-T_I) + T_0 - T_0\left(\frac{T_{II}}{T_I}\right)^{\varkappa}\right].$$

Das dieser Nutzleistung entsprechende Wärmequantum ist:

$$Q = \frac{AR}{\varkappa-1}\left[\varkappa(T_{II}-T_I) + T_0 - T_0\left(\frac{T_{II}}{T_I}\right)^{\varkappa}\right] = c_v\left[\varkappa(T_{II}-T_I) + T_0 - T_0\left(\frac{T_{II}}{T_I}\right)^{\varkappa}\right],$$

die aufgewendete Wärmemenge ist:

$$Q_I = c_p(T_{II} - T_I), \text{ mithin der Wirkungsgrad } \frac{Q}{Q_I} \text{ oder}$$

$$(26)\qquad \eta = 1 + \frac{c_v T_0\left[1 - \left(\frac{T_{II}}{T_I}\right)^{\varkappa}\right]}{c_p(T_{II}-T_I)} = 1 - \frac{T_0}{T_I}\cdot\frac{\left(\frac{T_{II}}{T_I}\right)^{\varkappa} - 1}{\varkappa\left(\frac{T_{II}}{T_I} - 1\right)}.$$

Der Factor $\dfrac{\left(\frac{T_{II}}{T_I}\right)^{\varkappa} - 1}{\varkappa\left(\frac{T_{II}}{T_I} - 1\right)}$ giebt hier wieder den Einfluss an, den

die Temperaturerhöhung auf den Wirkungsgrad äussert. Der letztere nimmt ab, je grösser das Verhältniss $\frac{T_{II}}{T_I}$ wird; doch darf nicht übersehen werden, dass die Formel nur gültig sein kann, so lange $\frac{T_{II}}{T_I} v_I < v_0$ bleibt. Wird $\frac{T_{II}}{T_I} v_I = v_0$, dann wird auch $T_{III} = T_{II}$ und es findet eine Expansion nicht mehr statt, der Werth η geht über in

$$(27) \qquad \eta = 1 - \frac{T_{II} - T_0}{\varkappa (T_{II} - T_I)}.$$

Wie der Werth von η nach Gleichung (26) sich für verschiedene Werthe von $\frac{T_{II}}{T_I}$ herausstellt, zeigt die folgende kleine Tabelle:

$\frac{T_{II}}{T_I}$	$\frac{\left(\frac{T_{II}}{T_I}\right)^{\varkappa} - 1}{\varkappa\left(\frac{T_{II}}{T_I} - 1\right)}$	Bei Compression bis vier Atmosphären wird $\eta =$	Bei Compression bis acht Atmosphären wird $\eta =$
1.5	1.091	0.270	0.403
2	1.171	0.217	0.359
2.5	1.241	0.170	0.321

Diese Resultate zeigen, dass wenn eine Erwärmung bei constantem Druck stattgefunden hat, es nicht empfehlenswerth ist, die Expansion nur bis zu dem Volumen v_0 nutzbar zu machen.

Aus den Formeln (18) und (22) folgte, dass der Wirkungsgrad nur von dem Maasse der Compression, nicht von der zugeführten Wärmemenge abhängig sei. Diese Folgerung trifft aber nicht zu, wenn wir auf die Kraft- und Wärmeverluste der praktischen Ausführung Rücksicht nehmen. Wegen der Reibungswiderstände und Undichtigkeiten muss die Kraft, die wir zur Compression bedürfen, grösser sein, als die Rechnung ergiebt; und da dieser Mehraufwand von der indicirten Kraft ebenso wie die anderen Reibungswiderstände in Abzug kommt, wird man um so vortheilhafter arbeiten, je grösser die indicirte Kraft ist. Es hat aber auch diese Grösse eine bestimmte Grenze, die nicht nur in dem Heizeffect liegt, sondern auch in der durch den Verbrennungsprocess erzeugten Temperatur. Je höher dieselbe ist, um so mehr Wärme wird von der Maschine nach aussen abgeleitet und geht für unseren Zweck verloren.

Hiernach wird also der Nutzeffect gleich 0 sein, wenn nur so viel Wärme zugeführt wird, wie den Kraftverlusten entspricht; bei grösserer Wärmezuführung wird im Anfange der Nutzeffect schneller steigen, dann wegen der Wärmeverluste langsamer, bis schliesslich derselbe sein

Maximum erreicht, wenn die mehr zugeführte Wärme durch den erhöhten Wärmeverlust ausgeglichen wird.

Die günstigste Temperatur ist jedenfalls durch Rechnung nur sehr unsicher und schwierig zu bestimmen, die Erfahrung wird hier den Ausschlag geben müssen. Es scheint dem Verfasser, als ob bei den Leuchtgasmaschinen das Maximum des Nutzeffectes schon überschritten sei, weil ein sehr beträchtlicher Theil der entwickelten Wärme auf das Kühlwasser übertragen wird.

Nachdem wir den Wirkungsgrad der Gase bei Verbrennung unter constantem Volumen und unter constantem Druck festgestellt haben, bleibt uns noch übrig, auch den Fall in Betracht zu ziehen, wo noch eine Wärmezuführung während der Expansion erfolgt. Hier lassen sich nur Formeln aufstellen, wenn das Gesetz gegeben ist, nach dem die Wärmezuführung stattfindet. Ein solches könnte beispielsweise durch die Bedingung gegeben sein, dass die Temperatur während der Expansion constant bleiben soll, und würde dann eine Ausdehnung nach dem MARIOTTE-schen Gesetze zur Folge haben, die bekanntlich zu einer logarithmischen Function führt. Wie die Wärmezuführung aber auch erfolgen mag, jedenfalls muss sie den Wirkungsgrad gegen die früheren Resultate verringern, weil derselbe wegen des Gegendruckes der Atmosphäre abnimmt, wenn die Spannung abnimmt, bei der die Wärme zugeführt wird. Wir können hieraus ohne Weiteres schliessen, dass das sogenannte Nachbrennen bei den Gasmaschinen deren Wirkungsgrad verringert.

Stellen wir der Übersichtlichkeit wegen die gewonnenen Resultate zusammen, so erhalten wir:

I. Bei explosiver Verbrennung

1. $\eta = 1 - \frac{T_0}{T_1} \cdot \frac{\varkappa\left(\frac{T_{11}}{T_1}\right)^{\frac{1}{\varkappa}} - 1}{\frac{T_{11}}{T_1} - 1}$, wenn die Expansion bis zu einer Atmosphäre Spannung nutzbar gemacht wird.

2. $\eta = 1 - \frac{T_0}{T_1}$, wenn die Expansion bis zu dem Volumen v^0 erfolgt.

3. $\eta =$ einem geringeren Werthe, als die obigen, wenn ein Nachbrennen stattfindet.

II. Bei allmäliger Verbrennung unter constantem Druck

1. $\eta = 1 - \frac{T_0}{T_1}$, wenn die Expansion bis zu einer Atmosphäre nutzbar gemacht wird,

2. $\eta = 1 - \frac{T_0}{T_1} \cdot \frac{\left(\frac{T_{11}}{T_1}\right)^{\varkappa} - 1}{\varkappa\left(\frac{T_{11}}{T_1} - 1\right)}$, wenn die Expansion bis zum Volumen v_0 nutzbar gemacht wird.

In diesen Formeln hat T_{11} bei explosiver Verbrennung unter sonst gleichen Umständen einen höheren Werth, als bei Verbrennung unter constantem Druck, weil im ersten Falle die specifische Wärme c_v, im letzteren aber c_p in Betracht kommt. Auch wird nicht zu übersehen sein, dass eine vollkommen explosive Verbrennung zwar einen höheren Wirkungsgrad ergiebt, aber thatsächlich nicht erfolgt und dass sie eine bestimmt begrenzte Luftzuführung bedingt, bei deren Überschreitung überhaupt nur eine Verbrennung unter constantem Druck möglich ist.

Anwendung des Vorhergehenden auf verschiedene Arten Gaskraftmaschinen.

Wenn eine Gaskraftmaschine durch eins der erwähnten Gase regelmässig getrieben werden soll, so muss vor allen Dingen das Gas für eine grössere Zeitdauer eine möglichst constante Zusammensetzung haben, damit die Wirkung durch den wechselnden Heizeffect nicht alterirt werde. Es gilt dies namentlich vom Generatorgas und vom Wassergas, das, wenn nicht grössere Gasbehälter angelegt werden, aus guten Coks in zweckmässig construirten Öfen wird hergestellt werden müssen, wobei noch auf eine möglichst constante und niedrige Temperatur des Gases zu achten sein wird, um in gleichen Volumen Gas auch möglichst gleiche Gewichte der Maschine zuzuführen.

Die Verbrennungswärme und das zur Verbrennung erforderliche Luftquantum ergaben sich nach Tabelle II für die drei in Betracht kommenden Gase, wenn wir der Sicherheit wegen das schlechteste Leuchtgas und ebenso das schlechteste Generatorgas unserer Tabelle berücksichtigen, für

Gasart	Heizeffect pro Cubikmeter	Heizeffect pro Kilogramm	Erforderliches Luftvolumen pro Cubikmeter
Generatorgas	717	557	0.58
Wassergas	2365	3263	1.98
Leuchtgas	4744	8973	4.97

Man erkennt sofort, dass das Leuchtgas durch seinen bedeutenden Heizeffect die anderen beiden Gase bedeutend überragt, dass man also, um den gleichen mechanischen Effect zu erzielen, ganz wesentlich grössere

Quantitäten der letzteren bedürfen würde. Für die ökonomische Seite der Krafterzeugung, die wir nun in Betracht ziehen wollen, kommt es aber vor allen Dingen auf den relativen Preis eines Cubikmeter der verschiedenen Gase an. Das Cubikmeter Leuchtgas kostet in Berlin 16 Pfennig, den Preis des Generatorgases und des Wassergases wollen wir durch Rechnung ermitteln.

Es ist leicht ersichtlich, da kostbare Apparate zur Herstellung des Generatorgases nicht erforderlich sind, dass der Werth desselben sich nur nach seinem Gehalt an Kohlenstoff richtet, der als CO und CO_2 in demselben enthalten ist. Das CO besteht aus 12 Gewichtstheilen C und 16 Gewichtstheilen O, die CO_2 aus 12 Gewichtstheilen C und 32 Gewichtstheilen O. In einem Cubikmeter Generatorgas sind nach den oben angeführten Angaben von VON MARX aber 0.28789^{kg} CO und 0.11827^{kg} CO_2 enthalten; mithin $0.28789 \cdot \frac{12}{28} + 0.11827 \cdot \frac{12}{44} = 0.15563^{kg}$ Kohlenstoff.

Wenn 100^{kg} Coks, welche 20 Procent Verlust an Asche und Grus ergeben, 160 Pfennig kosten, dann kostet 1^{kg} Kohlenstoff 2 Pfennig, also 0.15563^{kg} oder 1^{cbm} Generatorgas 0.3113 Pfennig, das ist etwa $^1/_{50}$ des Preises für Leuchtgas. Da der Heizwerth pro Cubikmeter aber annähernd $^1/_7$ desjenigen des Leuchtgases ist, wird eine gleiche Kraft durch etwa $^1/_7$ der Kosten erzielt werden können, wie bei Anwendung des Leuchtgases, wenn beide Maschinen mit gleichem Nutzeffect arbeiten. Wäre selbst, was kaum zu erwarten ist, der Nutzeffect aber auch nur halb so gross, so wäre bei $^2/_7$ des Preises der Gewinn doch noch ein so bedeutender, dass es sich verlohnen dürfte, Generatorgasmaschinen zu construiren.

Ganz ähnlich stellt sich das Preisverhältniss bei Anwendung des Wassergases heraus. Bei den Versuchen, welche in Frankfurt a. M. zur Erzeugung von Wassergas aus Coks gemacht wurden, hat sich ergeben, dass man von 1^{kg} Coks 1.225^{cbm} Wassergas erhielt, dessen Heizeffect 2312 ist. Da 1^{kg} Coks 1.6 Pfennig kostet, so kostet 1^{cbm} Wassergas $\frac{1.6}{1.225} = 1.3$ Pfennig. Mit Rücksicht darauf, dass der Heizwerth halb so gross ist, wie der des Leuchtgases, wird man zu gleicher Kraftentwickelung das doppelte Volumen Wassergas gebrauchen; das Preisverhältniss stellt sich also wie 2.6 : 16, d. i. wie 1 : 6.2.

Da die Temperaturerhöhungen, welche die Verbrennungsproducte bei verschieden grossen Luftbeimengungen annehmen, eine wichtige Rolle bei Construction der Gaskraftmaschinen spielen, mögen dieselben noch für einige Beispiele berechnet werden, wobei wir stets eine explosive Verbrennung als möglich voraussetzen und davon absehen, ob dieselbe in Wirklichkeit stattfinden wird oder nicht.

Das zur vollständigen Verbrennung eines Cubikmeters Generatorgas der angeführten Qualität im Minimum erforderliche Luftquantum beträgt 0.58^{cbm}. Nehmen wir anstatt desselben 1^{cbm} Luft und berechnen die Verbrennungstemperatur zunächst unter Annahme einer explosiven Verbrennung. Nach der Tab. IV a erhalten wir aus einem Cubikmeter Generatorgas unter Nr. 9 an Verbrennungsproducten: 0.011^{kg} Wasserdampf, 0.569^{kg} Kohlensäure und 1.466^{kg} Stickstoffgas. Da wir anstatt 0.58^{cbm} Luft einen Cubikmeter anwenden, also 0.42^{cbm} mehr, so kommt noch der in dieser enthaltene Sauerstoff und Stickstoff hinzu, das sind 0.125^{kg} O und 0.418^{kg} N. Die Verbrennungstemperatur finden wir, wenn wir mit der zur Erwärmung dieser Verbrennungsproducte um 1° Cels. erforderlichen Wärmemenge in den Heizeffect dividiren. Mit Rücksicht auf die specifische Wärme c_v der Verbrennungsproducte erhalten wir sonach:

$$717 = t(0.011 \cdot 0.3621 + 0.569 \cdot 0.1702 + 0.125 \cdot 0.1547 + 1.884 \cdot 0.1717)$$
$$= 0.4436\, t, \text{ woraus sich } t = 1616^\circ \text{ ergiebt.}$$

Bei Verbrennung unter constantem Drucke kommt die specifische Wärme c_p in Betracht, es ist also:

$$717 = t'(0.011 \cdot 0.475 + 0.569 \cdot 0.2164 + 0.125 \cdot 0.2182 + 1.884 \cdot 0.244)$$
$$= t' \cdot 0.6106, \text{ woraus } t' = 1174^\circ.$$

Unter gleichen Voraussetzungen ergeben sich noch
für eine Mischung mit 1.5^{cbm} Luft, $t = 1297^\circ$ und $t' = 938^\circ$
» » » » 2^{cbm} » $t = 1083^\circ$ » $t' = 781^\circ$.

Für das Wassergas ergab sich das zur vollständigen Verbrennung erforderliche Luftquantum gleich nahe 2^{cbm}, und die Verbrennungsproducte bestehen aus 0.620^{kg} Wasserdampf, 0.822^{kg} Kohlensäure und 2.086^{kg} Stickstoff. Nehmen wir das doppelte Luftquantum, also 4^{cbm}, dann kommen noch hinzu: 0.595^{kg} Sauerstoff und 1.993^{kg} Stickstoff. Die Temperatur ergiebt sich demnach bei explosiver Verbrennung aus:

$$2312 = t(0.620 \cdot 0.3621 + 0.822 \cdot 0.1702 + 0.595 \cdot 0.1547 + 4.079 \cdot 0.1717)$$
$$= t \cdot 1.1568, \text{ also } t = 2000^\circ$$ und bei Verbrennung unter constantem Drucke:

$$2312 = t'(0.620 \cdot 0.475 + 0.822 \cdot 0.2164 + 0.595 \cdot 0.2182 + 4.079 \cdot 0.244)$$
$$= t' \cdot 1.5975, \text{ also } t' = 1447^\circ.$$

Ebenso erhält man
für eine Mischung mit 6^{cbm} Luft $t = 1661^\circ$ und $t' = 1044^\circ$
» » » » 8^{cbm} » $t = 1421^\circ$ » $t' = 817^\circ$.

Das Leuchtgas ergiebt nach Tab. IV a von einem Cubikmeter an Verbrennungsproducten 0.961^{kg} Wasserdampf, 0.962^{kg} Kohlensäure und

4.975^{kg} Stickstoff, wobei das erforderliche Luftquantum 4.97^{cbm} beträgt. Nehmen wir auf 1^{cbm} Gas 9^{cbm} Luft, also 4.03^{cbm} oder 5.215^{kg} mehr, dann haben wir mit Berücksichtigung der specifischen Wärme der Luft:

$4744 = t(0.961 \cdot 0.3621 + 0.962 \cdot 0.1702 + 4.975 \cdot 0.1717 + 5.215 \cdot 0.1684)$
$= t \cdot 2.244$, also $t = 2114°$ und bei Verbrennung unter constantem Drucke:

$4744 = t'(0.961 \cdot 0.475 + 0.962 \cdot 0.2164 + 4.975 \cdot 0.244 + 5.215 \cdot 0.2375)$
$= t' \cdot 3.117$, woraus $t' = 1522°$.

Für eine Mischung mit 12^{cbm} Luft ergiebt sich $t = 1637°$ und $t' = 1174°$
» » » » 16^{cbm} » » » $t = 1259°$ » $t' = 900°$.

Sieht man einstweilen von der verschiedenen Dichtigkeit der Verbrennungsproducte der Gase ab und nimmt man auch ihre Ausdehnungscoefficienten als gleich gross an, dann lassen sich einige der obigen Resultate zu einem überschläglichen Vergleich benutzen. Es ergaben sich bei der Verbrennung von

1^{cbm} Generatorgas	mit 1^{cbm} Luft	die Temperaturen	1616°	und	1174°
1^{cbm} Wassergas	» 6^{cbm} »	» »	1661°	»	1044°
1^{cbm} Leuchtgas	» 12^{cbm} »	» »	1637°	»	1174°

also nahe die gleichen Temperaturen und die nutzbar gemachten Kräfte müssen sich demnach verhalten, wie die Volumen 2 : 7 : 13 oder für gleiche Kräfte müssten sich die Gasmengen wie $^1/_2 : {^1/_7} : {^1/_{13}}$ verhalten, was genau genug mit dem Verhältniss der Heizeffecte übereinstimmt.

Nachdem wir gezeigt haben, dass die Temperaturen der Verbrennungsproducte der verschiedenen Gase, bei entsprechender Luftzuführung die gleichen sein können, wollen wir zunächst unsere Rechnungsresultate mit den Erfahrungsresultaten der Otto'schen Gasmaschinen vergleichen.

Das Gas und die Luft mögen auf vier Atmosphären comprimirt und die Expansion nach der explosiven Verbrennung bis zu dem ursprünglichen Volumen v_0 nutzbar gemacht werden. Der erreichbare Wirkungsgrad ist nach dem Früheren $= 0.331$. Ein Cubikmeter Leuchtgas müsste mithin die Kraft $4744 \cdot 0.331 \cdot 424^{kg}$ nutzbar machen, oder wenn wir diesen Verbrauch in einer Stunde annehmen und die Kraft in Pferdestärken ausdrücken,

$$\frac{4744 \cdot 0331 \cdot 424}{3600 \cdot 75} = 2.46 \text{ Pferdestärken.}$$

Hierbei ist keinerlei Verlust an Wärme und durch Reibungswiderstände in Rechnung gebracht worden. Prof. Slaby fand bei seinen Versuchen mit einer Otto'schen Gasmaschine die indicirte Kraft pro Cubikmeter Gas $= 1.264$ Pferdestärken bei einem Heizeffect des Gases

von 5038. Für unser Gas würde die indicirte Kraft also nur $\frac{4744}{5038} \cdot 1.264 = 1.19$ Pferdestärken betragen haben; es würden mithin nutzbar gemacht werden $0.331 \cdot \frac{1.19}{2.46} = 0.16$ des Heizeffectes. Diese Zahl stimmt genau mit den anderweiten Versuchsresultaten des Prof. SLABY überein, die derselbe in einer kleinen Schrift über die vergleichsweise Wirksamkeit der Gasmaschinen von LENOIR und OTTO veröffentlicht hat, und die wir hier folgen lassen wollen.

In Arbeit umgesetzte indicirte Wärmemenge	0.16	des Heizeffectes,
abgeleitet durch das Kühlwasser	0.51	» »
» » die Verbrennungsproducte . . .	0.31	» »
Verlust durch Leitung und Strahlung	0.02	» »
Summa	1.0	des Heizeffectes.

Nach Angabe der Gasanstalt in Cöln war das gebrauchte Gas zusammengesetzt aus 0.569 Volumtheilen H, 0.344 CH_4, 0.035 C_2H_4 und 0.052 CO. In Gewichtsprocenten giebt dies 0.125 H, 0.609 CH_4, 0.107 C_2H_4 und 0.159 CO, woraus sich nach unsern Zahlenangaben der Heizeffect 5038 pro Cubikmeter ergiebt.

Betrachtet man die obigen Zahlenangaben näher, so findet sich die an das Kühlwasser abgegebene Wärmemenge, die über die Hälfte des ganzen Heizeffectes beträgt, auffallend gross. Man könnte hieraus schliessen, dass, wenn die Hälfte des ganzen Heizeffectes durch Leitung entfernt wird, auch der Nutzeffect nur die Hälfte des Wirkungsgrades, den wir bei vollkommener Explosionswirkung des Gases = 0.331 ermittelten, entsprechen könne, und somit die in Arbeit umgesetzte indicirte Wärmemenge 0.165 des ganzen Heizeffectes betragen müsse. Die nahe Übereinstimmung dieses Resultates mit dem des Versuchs berechtigt uns aber noch nicht zu diesem Schlusse, die Sachlage ist vielmehr eine andere, wie sich aus der folgenden Betrachtung ergeben wird.

Unsere Formel (18) giebt den in Kraft umgesetzten Theil des Heizeffectes an, der Rest bleibt in den Verbrennungsproducten und bedingt die Temperatur, mit der dieselben die Maschine verlassen. Diese Temperatur ist verhältnissmässig hoch, und es wird demnach auf das Kühlwasser nicht nur während des Explosionshubes, sondern auch während des Kolbenrückganges Wärme auf den Cylinder und durch diesen an das Kühlwasser abgegeben. Diese letztere Wärmeabgabe kühlt nur die abziehenden Verbrennungsproducte, ohne einen in Betracht kommenden Einfluss auf den Gang der Maschine zu äussern. Nimmt man in Ermangelung einer genauen Berechnung, welche kaum aus-

führbar erscheint, jedenfalls aber zu sehr complicirten Formeln führen müsste, an, dass dies $^1/_3$ der abgeleiteten Wärme sei, so bleiben noch $^2/_3 \cdot 0.51 = 0.34$ des Heizeffectes übrig, welche für die Nutzbarmachung verloren gehen. Es kann unter dieser Voraussetzung der indicirte Wirkungsgrad auch nicht 0.331, sondern nur $0.331 \cdot 0.66 = 0.22$ des Heizeffectes betragen. Dass thatsächlich die indicirte Kraft eine geringere ist, erklärt sich durch das Nachbrennen, zum Theil vielleicht auch dadurch, dass der Coefficient $^2/_3$ noch etwas zu gross angenommen worden ist.

Wir haben bei Bestimmung des Wirkungsgrades der Gase auch auf eine Verbrennung unter constantem Druck Rücksicht genommen und wollen nun zeigen, wie uns eine solche practisch ausführbar erscheint, da man bei Benutzung der Generatorgase und eventuell auch des Wassergases voraussichtlich auf diese Verbrennungsart angewiesen sein wird.

Eine Verbrennung unter annähernd constantem Druck kann in zweierlei Weise erfolgen: entweder so, dass bei jedem einzelnen Hube Gas und Luft einer Flamme zugeführt werden, und dadurch eine allmälige Verbrennung stattfindet oder so, dass die Verbrennung unter Druck in einem grösseren Raume, einer Art Wind- oder Heizkessel erfolgt, aus dem die heissen Verbrennungsproducte der Maschine zugeführt werden. Eine Ausführungsform für die erste Methode wurde dem Verfasser unter Nr. 18324 patentirt, ist aber nicht zur Ausführung gelangt, ist auch vielleicht nicht so zweckmässig wie die zweite, deren wichtigste Constructionstheile wir kurz erörtern wollen.

Eine jede Verbrennung in atmosphärischer Luft ist eine Verbrennung unter constantem Druck; wir würden eine solche auch erzeugen können, wenn wir in einem grossen mit comprimirter Luft gefüllten Behälter geringe Mengen Brennmaterial verbrennen. In dem vorliegenden Falle ist der Behälter aber nicht mit reiner atmosphärischen Luft, sondern mit einer Mischung derselben mit den Verbrennungsproducten erfüllt, und die Verbrennung kann nur in einem cylindrischen, kleineren Theile dieses Raumes in der Art stetig erhalten werden, dass Gas und Luft in diesen unter einem wenig stärkeren Drucke geführt werden, als derjenige ist, unter dem die Verbrennungsproducte stehen. Es lässt sich dies dadurch erreichen, dass Gas und Luft in dem bestimmten Verhältniss nicht direct in den Heizkessel geleitet werden, sondern je durch einen Druckregulator. Dieser Druckregulator besteht aus einem Cylinder mit frei beweglichem Kolben, der stehend construirt wird, wenn das Gewicht des Kolbens den Überdruck hervorbringen soll, liegend und mit Kolbenstange, wenn die Druckdifferenz auf beide Kolbenflächen den Überdruck erzeugen soll. Die eine Seite dieses Cylinders ist durch ein

Rohr mit dem Heizkessel in Verbindung, die andere mit dem Druckrohr, das von der Pumpe nach dem Verbrennungsraume führt. Der Inhalt dieser Regulatoren braucht nur so gross zu sein, dass in der Zeit eines Pumpenhubes der Kolben den Boden des Cylinders nicht erreicht. Nöthigenfalls kann durch Hähne, die die Abflussröhren mehr oder weniger abschliessen, die Bewegung der Regulatorkolben verlangsamt werden.

Der Heizkessel, welcher die Stelle eines Windkessels vertritt, würde bei der hohen Temperatur der Gase der Gefahr des Zerspringens ausgesetzt sein, wenn man ihn nicht durch eine Ausfütterung mit Chamottemasse, welche die Wärme schlecht leitet, und dadurch die Temperatur des Blechmantels wesentlich ermässigt, dagegen sicherte. Man wird demselben auch einen möglichst kleinen Durchmesser geben, und dürfte der Inhalt gross genug sein, wenn er gleich dem doppelten Inhalt des Arbeitscylinders ist, da kleine Druckschwankungen nicht schaden. Ein Sicherheitsventil muss die zu viel erwärmte Luft entweichen lassen, wenn die Maschine zu wenig belastet ist, und die Spannung zu gross wird. Der Treibcylinder kann doppelt wirkend sein, wird zweckmässig eine grosse Kolbengeschwindigkeit erhalten, und wird bei der wesentlich geringeren Temperatur der Verbrennungsgase vielleicht einer äusseren Wasserkühlung nicht bedürfen, wenn es gelingt, ein brauchbares Schmiermittel zu finden. Die Ingangsetzung der Maschine wird so erfolgen können, dass man die Regulatoren mit Gas und Luft füllt, darauf im Heizkessel das Gas anzündet und diesen dann abschliesst.

Wir glauben in diesen kurzen Zügen die Ausführbarkeit von Gasmaschinen mit continuirlicher Verbrennung nachgewiesen zu haben und wollen schliesslich die Dimensionen einer solchen Generatorgasmaschine berechnen unter der Annahme, dass die Verbrennung bei sechs Atmosphären Spannung erfolge und eine Expansion bis zu dem dreifachen Volumen stattfinde.

Das Volumen des Gasgemisches bei einer Atmosphäre Spannung sei v_0, die Temperatur $= 27°$ Cels., also $T_0 = 300$. Wir comprimiren Gas und Luft bis zu sechs Atmosphären Spannung, dann ergiebt sich, wenn wir $\varkappa = 1.4$ setzen, $T_1 = 300 \cdot 6^{\frac{0.4}{1.4}} = 500.55$, wofür wir $500° = 227°$ Cels. annehmen.

Das Volumen v_0 geht dann über in

$$v_1 = \frac{v_0}{\sqrt[1.4]{6}} = \frac{v_0}{3.6}.$$

War das Gas mit dem Doppelten seines Volumens an atmosphärischer

Luft gemischt, und wird es bei constantem Druck verbrannt, dann wird die Temperatur um 781° erhöht; es wird also:

$T_{II} = 1281°$ oder 1008° Cels. und das Volumen v_I dehnt sich bis

$$\frac{T_{II}}{T_I} v_I = 2.56 v_I \text{ aus.}$$ [1]

Es findet also eine Volumenvergrösserung um $1.56 v_I = \frac{1.56}{3.6} v_0$ statt, der, wenn wir den Druck einer Atmosphäre auf das Quadratmeter $= 10334$ setzen, eine Kraft

$$L_I = \frac{1.56}{3.6} v_0 \cdot 6 \cdot 10334 = 26868 v_0 \text{ entspricht.}$$

Die Expansion soll bis zum dreifachen Volumen des erwärmten Gasgemisches, also bis zu dem Volumen $3 \cdot 2.56 v_I = 7.68 v_I = \frac{7.68}{3.6} v_0 = 2.133 v_0$ nutzbar gemacht werden. Es ergiebt sich dann nach Gleichung (9) die Kraft

$$L_{II} = \frac{p_I \cdot 2.56 v_I}{\varkappa - 1}\left(1 - \frac{1}{3^{\varkappa-1}}\right) = \frac{6 \cdot 10334 \cdot 2.56 v_0}{0.4 \cdot 3.6}\left(1 - \frac{1}{1.55}\right) = 39113 v_0.$$

Hiervon geht die zur Compression der Gase erforderlich gewesene Kraft ab, welche nach Gleichung (10)

$$l_I = \frac{p_I v_I}{\varkappa - 1}\left(1 - \frac{1}{6^{\frac{\varkappa-1}{\varkappa}}}\right) = \frac{6 \cdot 10334 \cdot v_0}{0.4 \cdot 3.6}\left(1 - \frac{1}{1.67}\right) = 17283 v_0 \text{ ist,}$$

sowie der Widerstand des Atmosphärendruckes auf die Volumenvergrösserung $1.133 v_0$, der

$$l_{II} = 1.133 \cdot 10334 v_0 = 11708 v_0 \text{ ist.}$$

Die gewonnene Kraft ist mithin:

$$(26868 + 39113 - 17283 - 11708) v_0 = 36990 v_0.$$

Da v^0 das Gesammtvolumen von Gas und Luft darstellt, das in dem Verhältniss 1 : 2 gemischt war, so ist die gewonnene Kraft von 1^{cbm} Gas $= 36990 \cdot 3 = 110970^{kg}$.

Der Heizeffect eines Cubikmeters unseres Gases ist 717 Cal. und die demselben entsprechende Kraft also $717 \cdot 424 = 304008^{kg}$; mithin der Wirkungsgrad

$$\eta = \frac{110970}{304008} = 0.365.$$

[1] Anm. d. Verf. Da nach Tab. V 1^{cbm} Generatorgas, das mit 0.58^{cbm} Luft verbrennt, 1.468^{cbm} Verbrennungsproducte liefert, wird auch bei der Verbrennung von 1^{cbm} Gas mit 2^{cbm} Luft das Volumen ohne Rücksicht auf Temperaturerhöhung nicht 3^{cbm}, sondern $1.58 - 1.468 = 0.112^{cbm}$ weniger betragen, was wir unberücksichtigt lassen.

Es sei auch bei diesen Maschinen, wie bei den durch Leuchtgas betriebenen, ein Wärmeverlust durch Leitung vorhanden, der den dritten Theil der Kraft absorbirt, dann beträgt die indicirte Kraft $^2/_3$ der berechneten, und nehmen wir die nutzbar gemachte Kraft noch gleich $^2/_3$ der indicirten, dann bleiben nur $^4/_9$ des obigen Wirkungsgrades 0.365 = 0.162 des Heizeffects übrig. Die Nutzleistung wäre also bei unserer Maschine gerade so gross, wie die indicirte Kraft bei einer OTTO'schen Gasmaschine, und der Vortheil würde nicht nur in diesem Kraftgewinn, sondern hauptsächlich auch in der Möglichkeit liegen, nicht explosibele wesentlich billigere Gasmischungen verwenden zu können.

Um die Dimensionen unserer Maschine zu berechnen, haben wir nach dem Obigen die der Verbrennung eines Cubikmeters Gas entsprechende Kraft $= {}^4/_9 \cdot 110970 = 49320^{\text{kg}}$ zu setzen und erhalten dann von jedem in einer Stunde verbrauchten Cubikmeter Gas $\frac{49320}{3600 \cdot 75} = 0.183$ effective Pferdestärken. Der Gasverbrauch für eine Pferdestärke und Stunde ist demnach $\frac{1}{0.183} = 5.47^{\text{cbm}}$, und für N Pferdestärken in der Secunde $\frac{5.47}{3600} N$. Da dies Gas mit dem doppelten Volumen Luft verbrannt wird, ist das Volumen vor der Verbrennung $\frac{3 \cdot 5.47}{3600} N^{\text{cbm}}$. Nach der Verbrennung und Expansion nehmen die Verbrennungsproducte das 2.133fache Volumen ein, dasselbe beträgt dann also $\frac{2.133 \cdot 3 \cdot 5.47}{3600} N^{\text{cbm}}$. Dividiren wir dies Volumen durch die mittlere Kolbengeschwindigkeit, die wir gleich den bei den OTTO'schen Gasmaschinen verwendeten gleich 1.8^{m} annehmen, so erhalten wir den Querschnitt des Arbeitscylinders $= \frac{2.133 \cdot 3 \cdot 5.47}{1.8 \cdot 3600} N = 0.0054\, N$, wobei wir die Maschine als doppelt wirkend angenommen haben.

Wollten wir eine durch Wassergas oder Leuchtgas in gleicher Weise betriebene Maschine construiren, so hätten wir nur festzuhalten, dass die erforderlichen Gasvolumen sich umgekehrt wie die Heizeffecte verhalten müssen. Wir würden mithin pro Pferdestärke und Stunde an Wassergas $5.47 \cdot \frac{717}{2365} = 1.66^{\text{cbm}}$ und an Leuchtgas $5.47 \cdot \frac{717}{4744} = 0.826^{\text{cbm}}$ verbrauchen; und würde der Überschuss an Luft so zu wählen sein, dass dieselben Temperaturen entstehen, wie bei Anwendung des Generatorgases. Übrigens ist die Anwendung eines anderen Luftquantums gar nicht ausgeschlossen; es würden sich dann aber in Folge der ver-

änderten Temperatur und Ausdehnungen die Rechnungsresultate etwas anders gestalten.

Aus dem stündlichen Gasverbrauch von 5.47^{cbm} pro Pferdestärke einer Generatorgasmaschine geht hervor, dass der Kohlenstoffverbrauch, da ein Cubikmeter Gas 0.1556^{kg} enthält, gleich $5.47 \cdot 0.1556 = 0.848^{kg}$ sein würde. Man erkennt hieraus, dass die Maschine zwar mit den besten Dampfmaschinen würde concurriren können, dass sie aber wesentliche Vortheile gegen diese nicht bietet, wenn man den Gewinn nicht etwa in dem Fortfall der Dampfkessel-Anlage, für welche hier aber der Generator eintritt, finden will. Wir haben absichtlich, um die Resultate nicht zu günstig erscheinen zu lassen, ein Generatorgas in Betracht gezogen, das bei 22.3 Procent CO Gehalt 9.2 Procent CO_2 enthält; hätten wir ein Gas genommen, mit 1 Procent CO_2 bei 34 Procent CO, wie es der Zusammensetzung des Gases Nr. 8 unserer Tab. II entspricht, so würden wir ein günstigeres Resultat erhalten haben. Ferner wird sich auch der Wärmeverlust mit Rücksicht darauf, dass der Arbeitscylinder einer Otto'schen Maschine wesentlich grösser sein muss, als der unserer doppelt wirkenden Maschine, vielleicht trotz des Heizkessels geringer herausstellen, als wir angenommen haben. Endlich darf nicht übersehen werden, dass ein Kohlenverbrauch von 1^{kg} pro Stunde und Pferdestärke nur bei wenigen grossen Dampfmaschinen vorkommt, dass namentlich kleine Maschinen nicht selten das dreifache und mehr an Kohlen verbrauchen, und im Vergleich zum Leuchtgase der Preis des Generatorgases sich wesentlich billiger stellt. Es ist einleuchtend, dass, wenn man in einem Heizkessel den Kohlenstoff der Coks unter Druck direct zu Kohlensäure verbrennen könnte, man noch $^1/_3$ an Brennmaterial sparen würde, und dass die Ersparniss eine noch grössere sein würde, wenn eine vollkommene Verbrennung der Steinkohlen zu ermöglichen wäre. Die Zuführung der Luft müsste dann in der Weise erfolgen, dass ein Theil zur Verbrennung, der grössere zur Abkühlung der Wände des Heizkessels und der Verbrennungsproducte verwendet wird.

Der Verfasser verhehlt sich nicht, dass mancherlei praktische Schwierigkeiten sich der Ausführung der mit Verbrennung unter constantem Druck arbeitenden Gaskraftmaschinen entgegenstellen werden, dennoch schien es ihm erspriesslich, auf die Resultate hinzuweisen, die nach Überwindung derselben erreicht werden könnten.

Die Gewinnung der Baumaterialien für die Steinstrassen.

Von E. Dietrich.

Seitdem die Materialien für die Steinstrassen nicht mehr von den Feldern oder aus den Flussgeschieben aufgelesen, sondern aus Brüchen gewonnen werden, hat sich der Betrieb solcher Brüche mehrfach aus bescheidenen Anfängen zu erfreulicher Blüthe entwickelt, lässt aber gleichwohl an vielen Orten noch die mannigfachsten Verbesserungen zu. Es seien daher im Nachfolgenden die in solchen Brüchen üblichen oder anwendbaren Fördermethoden einer vergleichenden Besprechung unterworfen.

Die Entwickelung des Steinbruchbetriebes ist an den Zustand der Verkehrswege auf's Engste gebunden, und andererseits schliesst sich die Gewinnung des Materials aus grosser Tiefe mit unterirdischem Abbaue bis auf verschwindende Ausnahmefälle aus. Die Gewinnung der Basaltlava bei Niedermendig am linken Rheinufer bildet einen solchen Ausnahmefall. Das Gestein, dessen Dichtigkeit nach der Tiefe merklich zunimmt, wird aus unterirdischen Stollen von 10—25^{m} Höhe meist durch ein Abtreiben mittels Keilen, vereinzelt auch mittels Pulversprengungen gewonnen; eine Beseitigung von Sickerwasser ist dabei nicht erforderlich, da dasselbe durch die natürlichen Spalten des Gesteins abfliesst; diese unterirdischen Hohlräume gaben bekanntlich Gelegenheit zur Anlage grossartiger Bierkellereien, welche seit Jahrzehnten einen Hauptabsatz in dem Versand von Bier nach Paris finden. Es ist dies der einzige bekannte Fall eines unterirdischen Steinbruchbetriebes für Strassenbaumaterialien und sonstige Bauzwecke.

Der Bedarf an Chaussirungs- und Pflasterungsmaterialien ist ein so ausserordentlich umfangreicher und die dafür zu verausgabenden Mittel so beschränkte, im Übrigen auch das Vorhandensein verwendbarer Materialien und die Zahl der Angriffsstellen in den meisten Landestheilen so gross, dass von einem künstlichen Hochtreiben der Preise im Anschlusse an eine Vertheuerung der Gewinnungsmethode durch erschwerten Transport oder unterirdischen Abbau, nicht die Rede sein kann. Es wächst nun zwar die Güte des Gesteins in den meisten Brüchen nach

dem Innern der Felsen, dies aber doch nicht in solchem Maasse, um eine erheblich theurere Gewinnungsart aus dem Erdinnern heraus lohnend erscheinen zu lassen. Das Vorkommen der in Frage stehenden Gesteinsarten ist ferner in den meisten Fällen ein so massiges, dass man selten, wie bei anderen Mineralien, eine vereinzelte gute Ader bis auf grössere Tiefe zu verfolgen genöthigt ist. Der Werth des Rohmaterials im Felsen ist ein äusserst geringer, die Kosten der Chaussirungs- und Pflasterungsmaterialien ergeben sich fast nur aus der Ausgabe für die »Gewinnung« und »Verfrachtung«, und es wird somit auf die Herabdrückung dieser Kosten vorzugsweise Werth zu legen sein.

Ausserhalb des Rahmens dieser Abhandlung liegt es und würde zu weit führen, von den verschiedenen möglichen Abbaumethoden, parallel oder senkrecht, zum Streichen der Schichten u. s. w. zu sprechen; die betreffenden Regeln des Bergbaues kommen hier weniger in Frage, weil es sich, wie gesagt, meist um den Ausbruch eines massigen, vielleicht nur zerklüfteten, oft garnicht in erkennbaren Bänken gelagerten Gesteins handelt. Wichtig ist es dagegen, da man es mit einem Abheben des Gesteins von der Erdoberfläche, mit einem »Tagesbau« zu thun hat, die Abbauart von der »Gestaltung des Terrains« abhängig zu machen, nämlich davon, ob man das Gestein »in ebenem Terrain aus der Tiefe« zu holen genöthigt ist, oder ob man es »von den steilen Rändern eines Berges«, vielleicht am Ufer eines Flusses zu brechen hat, oder endlich, ob es sich »in einer sanft ansteigenden Erhebung« befindet. Der zweite Fall ist der einfachste, zumal dann, wenn der Transportweg, Landstrasse, Eisenbahn oder Wasserweg am Fusse des steilen Bergrandes liegt; man bricht in solchem Falle, nach Beseitigung des oberen »Abraums«, d. h. des losen auflagernden Erdreichs und des äusseren angewitterten, unbrauchbaren Gesteins, nach Belieben von der Wand in deren Längsrichtung herunter. Die Granitbrüche bei Vilshofen, unweit Passau in Bayern zeigen u. A. eine solche Anlage; das Gestein wird von den steilen Rändern der Vils, eines kleinen, bei Vilshofen in die Donau ausmündenden, nicht schiffbaren Flüsschens gebrochen und auf einer 6^{km} langen, den vielfach stark gewundenen Lauf der Vils verfolgenden, daher schmalspurigen Industriebahn an ein vom Bahnhofe Vilshofen bis an die Anschlussstelle herausgezogenes Bahnhofs-Ladegeleis herangeschafft. Auch die Grauwackebrüche bei Wildemann im Harze sind in ähnlicher Weise angelegt, doch befindet sich die Sohle der abgebauten Felswand dort noch ein gut Stück über den Geleisen einer parallel zum Bruche laufenden Eisenbahn, so dass die Steine auf einer schrägliegenden Bremsbahn zu dieser Bahn herabgelassen werden müssen. Ähnliches ist auch bei einem der Granitbrüche in Schärding an der österreichischen Grenze,

unweit Passau der Fall. Ist die Längenausdehnung der abzubauenden Felswand beschränkt und der Bedarf ein grosser, so vermehrt man bei ausreichender Höhe der Wand die Angriffsfläche am besten durch Einführung des sogenannten Terrassenbaues, bei dem die Steinbrecher auf mehrfachen, 5—10^{m} übereinander befindlichen Absätzen arbeiten; die einzelnen Absätze sind in genau gleichbleibender Höhe zu halten, damit die Arbeitsgeleise gut darauf liegen und seitlich verschoben werden können.

Bei dem ersten der erwähnten Fälle, bei der Gewinnung des Steins aus dem Untergrunde eines ebenen Terrains, gelangt man zur Bildung eines Trichters, dessen Tiefe und oberer Durchmesser allmählig vergrössert werden. Das Wachsen nach der Tiefe ist freilich insofern beschränkt, als der Andrang des in diesem Falle durch Hebemaschinen künstlich zu beseitigenden Wassers sich nach der Tiefe erheblich steigern kann, und die Förderungskosten aus der Tiefe heraus oft sehr bedeutende werden. Man pflegt daher vorerst bei einer Abbausohle angemessen erscheinender Tiefe stehen zu bleiben und das Gestein aus grösserer Tiefe erst dann abzubauen, wenn sich der weiteren Ausdehnung des oberen Bruchrandes Schwierigkeiten, theuerer Grunderwerb, Vermehrung der Abraumshöhe oder Ähnliches entgegensetzen, oder wenn die grössere Güte des Gesteins die Förderung aus grösserer Tiefe lohnt. Mehrere schlesische Granitbrüche und die Kohlensandsteinbrüche bei Gommern, unweit Magdeburg, zeigen u. A. derartige trichterförmige Anlagen. Da im gegebenen Falle alles Material auf die Höhe des oberen Bruchrandes gehoben werden muss, ist hier die Anwendung eines Terrassenbaues, der die Hubhöhe für einen grossen Theil der Materialien erheblich vermindert, besonders gut am Platze; dabei wird man für die oberen Terrassen meist der Förderung auf geneigter Ebene, für die unteren Terrassen dagegen, wegen Mangel an Platz, der mehr lothrechten Hebung den Vorzug geben; nur unbedeutende oder unter empfindlichem Geldmangel leidende Brüche werden an einer Förderung auf gewöhnlichen Karrbahnen festhalten, sich damit natürlich selbst von einer weitergreifenden Concurrenz allmählig ausschliessend.

Im dritten Falle eines matt ansteigenden Terrains endlich und unter der meist zutreffenden Voraussetzung, dass das gewonnene Gestein am Fusse des Höhenzuges zur Verfrachtung gelangt, trachtet man durch schmale Erd- oder Felseinschnitte schnell an eine grössere Höhe der brauchbaren Wand = »Brusthöhe« zu gelangen und erweitert den Bruch alsdann kesselartig, den erwähnten Einschnitt sowohl für die natürliche Ableitung des Wassers (daher mit Gefälle anzulegen), als auch für das Herausschaffen der Gesteine auf Dielungen, Arbeitsgeleisen oder Ähnlichem verwendend. Wird der Voreinschnitt sehr lang, oder fordert die

Art des durchschnittenen Bodens erheblichere Absteifungen, dann greift man mit Vortheil zur Anlage kleiner unterirdischer Stollen, die sowohl zur Abwässerung des Bruches als auch zur Herausschaffung der Steine dienen. In solchem Falle ist es natürlich am einfachsten, in angemessenem Abstande vom Bergrande, nach Art der vorigen Gattung zunächst als Tagebau trichterförmig hinunter zu arbeiten und erst später den Verbindungsstollen anzulegen;[1] manche der jetzt vorhandenen trichterförmigen Brüche, welche unweit eines Abhanges in den oberen Theil eines Berges hineingetrieben worden sind, könnten durch Anlage solcher Stollen erheblich verbessert werden. Auch in diesem dritten Falle sucht man bei angemessener Höhe der abzubauenden Wand zur Vermehrung der Arbeitsstellen eine Terrassenanlage zu gewinnen. Die kleineren Absätze der Terrasse werden hier, wie in den vorbesprochenen Fällen, am einfachsten durch Geleisbahnen verbunden, während das Hinunterschaffen des Gesteins von den Hauptabsätzen der Terrasse zur Arbeitssohle mittels lothrechter oder schrägliegender Bremsbahnen erfolgen kann. Das grossartigste Bild solcher Anlage bieten die Diorit-Porphyrbrüche bei Quenast unweit Brüssel.

Es dürfte aus dem Vorstehenden ersichtlich sein, dass der Inbetriebsetzung eines Steinbruchs genaue Erhebungen technischer und finanzieller Art voraufgehen müssen. Durch diese Vorarbeiten sind festzustellen:

1. die Art und Güte des Gesteins in geringerer oder grösserer Tiefe (durch Bohrungen oder Schürfungen zu finden);

2. der Umfang des Vorkommens und die erforderlichen Grunderwerbskosten, oder die an den Eigenthümer für Ausnutzung des Bruches zu zahlende Pacht, Bruchzins;

3. die Kosten für einmalige oder fortgesetzte Beseitigung des Abraums und der äusseren unbrauchbaren »Schwarte« des Gesteins (von der Bodenart des Abraums, der Härte der Schwarte, der Entfernung des Ablagerungsortes und den Transportkosten abhängig);

4. die Gewinnungskosten (von der Härte des Gesteins, der Lage des Bruchs [ob künstliche Entwässerung, ob die Steine zur Verladungsstelle zu heben], von der Art und Masse der zu fertigenden Strassenbaumaterialien und Anderem abhängig; man wird hierüber durch Bereisung anderer Brüche, welche ein ähnliches Material abbauen, am schnellsten ein Urtheil gewinnen);

5. die Transportkosten zur Verladungsstelle und zu den Orten der Verwendung (erstere erforderlichen Falls durch entsprechende Fördervorrichtungen herabzumindern und somit von der Masse der Gewinnung abhängig).

[1] In lockerem Erdreiche würde man nach dem Vorbilde des englischen Einschnittbetriebes gerade umgekehrt verfahren.

Bevor auf die Abbaumethoden im Einzelnen näher eingegangen wird, sei hier der vorzugsweise in Frage kommenden »Förderungsarten« gedacht, woran sich zugleich die Fortbewegung der Massen vom Bruche zur Überladestelle auf Schiffe, Land- oder Eisenbahnwagen anschliessen möge.

Die Entscheidung der Frage, welche Beförderungsart gewählt werden soll, hängt von den Terrainverhältnissen, von der Frage, ob auf- oder abwärts zu bewegen, von der zu bewegenden Gesammtmasse und der Grösse der einzelnen Stücke, sowie deren Art (ob gleichmässig oder ungleichmässig an Gewicht), endlich auch von den zur Verfügung stehenden Treibkräften ab. Die Neigung der Bahn und deren Richtung, ob geradlinig oder in Curven laufend, beide werden im Allgemeinen durch die Terrainverhältnisse gegeben.

Bei geringer Neigung des Terrains und gleichmässigem Gefälle wird meist das gewöhnliche Arbeitsgeleise zu wählen sein, schmal oder normalspurig und die Masse des Gesteins wird entscheiden, ob eine Bewegung durch »Menschen«, »Pferde« oder »Maschinen« am Platze ist. Die Maschinen können als »Locomotiven« mit den zu bewegenden Wagen hochlaufen, oder dieselben am Seil hochziehen. Letzteres wird meist erst dann gewählt, wenn die Grösse der Steigung das Hochlaufen der Locomotiven erschwert, doch sei erwähnt, dass die in den letzten Jahren auf amerikanischen Strassenbahnen gemachten Erfahrungen der Einführung von Seilbahnen, sogenannten »Kabelbahnen« auch auf horizontalem Terrain günstig sind. Es wird dabei ein Drahtseil ohne Ende auf Rollen laufend durch eine stehende Maschine stets in gleicher Richtung in Bewegung gesetzt und die einzelnen Wagen werden mit diesem unter ihnen befindlichen Seile durch einfache Klemmvorrichtungen verbunden. Die Anlage ist bei einer Strassenbahn dadurch erschwert, dass das Kabel, um nicht den sonstigen Wagenverkehr der Strasse zu hindern, in ein unterirdisches Rohr eingebettet sein muss, während es hier frei liegen kann. Solche Kabelbahnen[1] sind bis zur Länge von mehreren Kilometern ausgeführt, horizontal oder auch mit wechselndem Gefälle bergauf und bergab, sowie mit Curven bis zu 15^{m} Radius. Das Kabel legt sich bei Curven gegen Horizontalrollen, von denen es bei Durchführung eines Wagens durch den Greifapparat seitlich abgehoben wird; die mechanischen Einrichtungen solcher Anlagen sind überaus einfacher Natur.

[1] Veröffentlichungen von Kabelbahnen finden sich in der Secundärbahn-Zeitung 1882, *Engineering* 1883, *Scientific American* 1882 und 1884, in einer Schrift von Franz Devooght »Kabeleisenbahn und Kabeltramway«, Antwerpen, Druckerei von Demeyer-Dumercy. Gebrüder Belleman's Nachfolger 1884; schliesslich in den deutschen Patentschriften 4602 und 8731.

Die Fortbewegung auf den Arbeitsgeleisen kann auch auf elektrischem Wege erfolgen, doch sind die »elektrischen Bahnen« noch nicht zu solcher Ausbildung gelangt, dass ihre Einführung in Steinbrüchen schon jetzt mit gutem Gewissen empfohlen werden könnte; wo man sie einführte, hat der Betrieb meist, ungeachtet aufmerksamster Bedienung, Störungen mancherlei Art zu erleiden gehabt. Dagegen sei hier der Fortbewegung durch eine »endlose Kette« gedacht, welche sich auf die einzellaufenden Förderwagen auflegt und dieselben, indem sie in einen am Wagen befindlichen Griff einfasst, mitnimmt; am Ende der Bahn läuft die Kette über ein hochliegendes Horizontalrad, nachdem sie sich von den unter ihr befindlichen Wagen selbstthätig abgehoben hat. Die Steinbrüche von Quenast bei Brüssel verwenden diese Art der Bewegung in ausgedehntem Maasse.

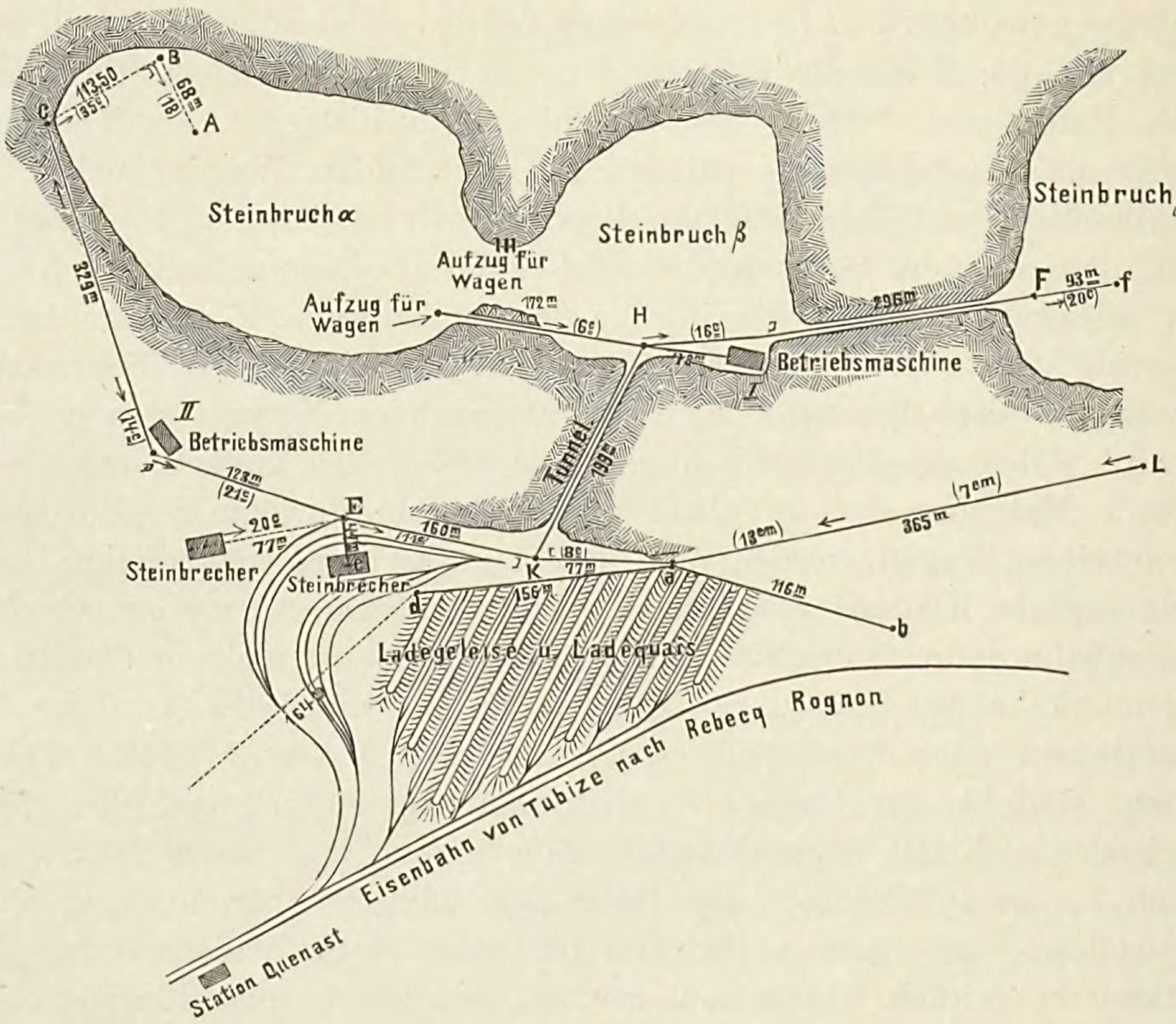


Fig. 1.

Fig. 1 zeigt die Örtlichkeit und Gesammtanlage dieser Brüche, welche sowohl theilweise unter sich, also auch mit der anschliessenden Ebene und den dort befindlichen Verladungsgeleisen durch Tunnel verbunden sind. In diesen Tunneln, und im Bruche (durch einfache Linien an-

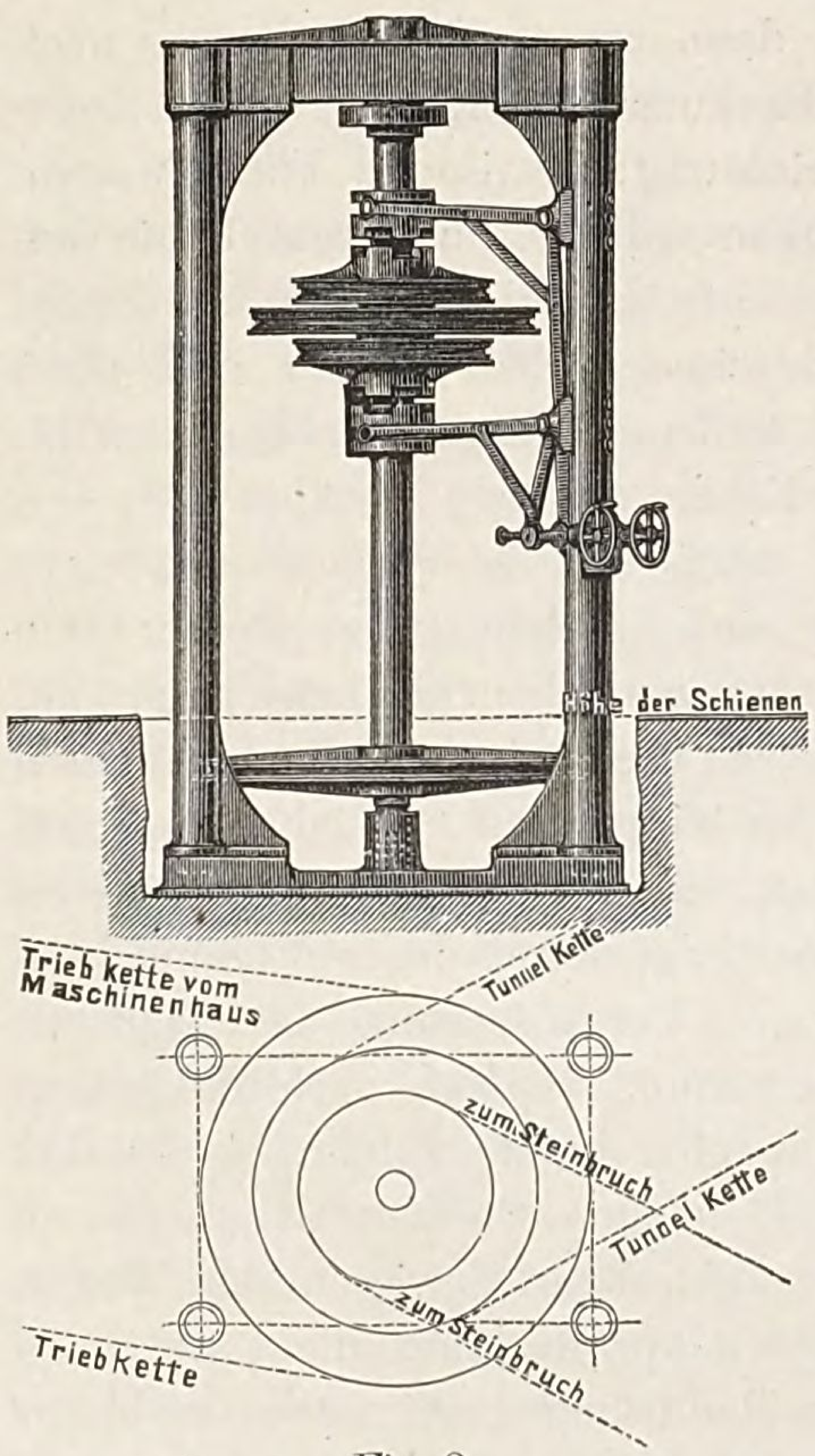


Fig. 2.

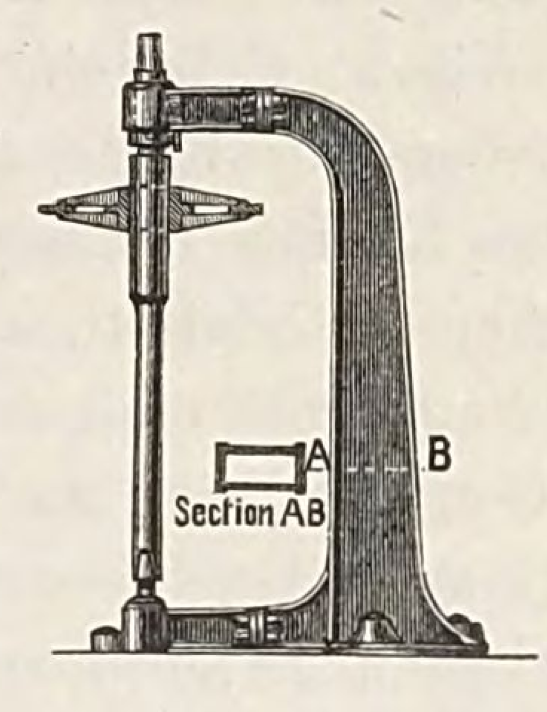


Fig. 3.

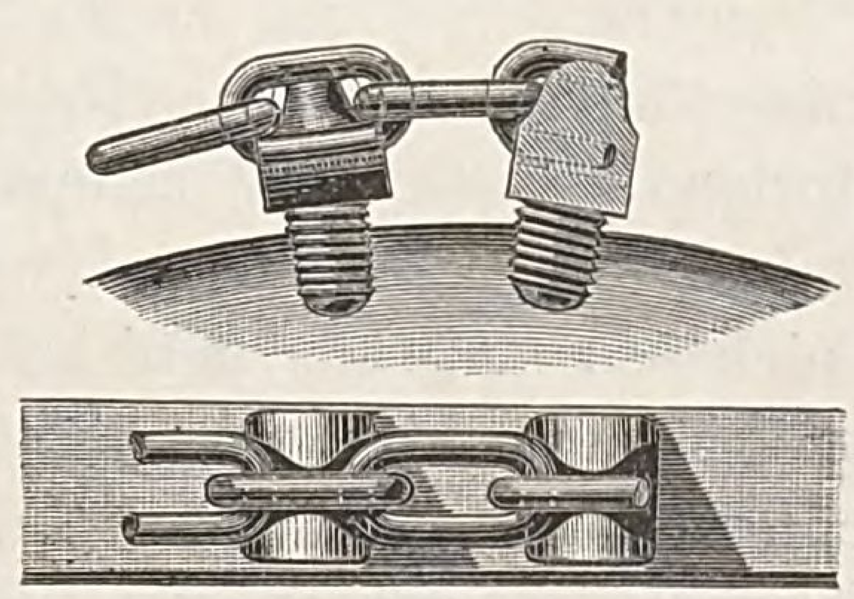


Fig. 4.

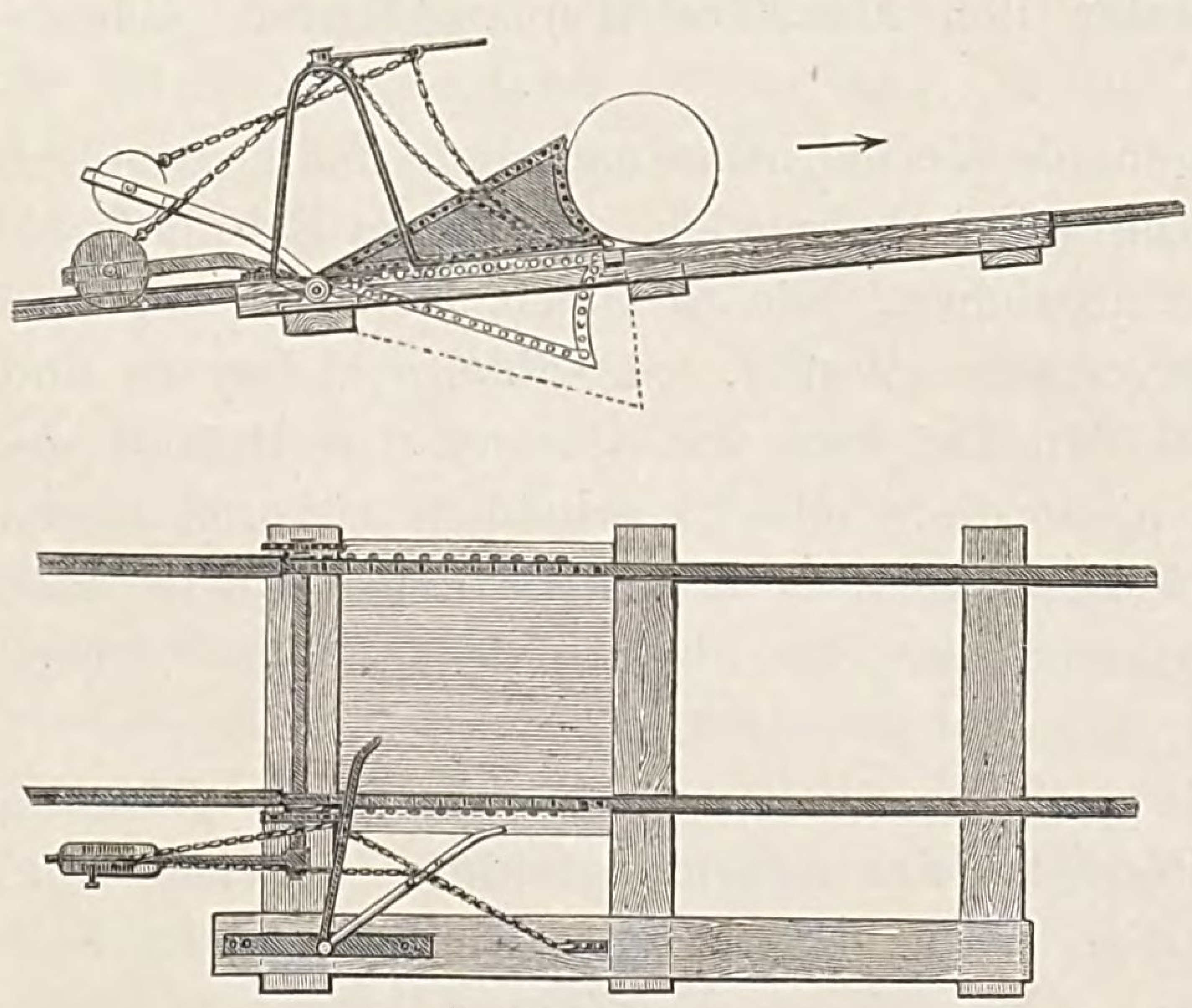


Fig. 5.

gedeutet), finden sich derartige Kettenzüge in grosser Längenausdehnung. Die Längen sind bei den einzelnen Strecken angegeben und auch die Steigungen in Centimetern (auf je 100^{cm}) vermerkt. Fig. 2 zeigt die am Punkte *H* zur Überleitung der Kraft nach verschiedenen Richtungen erforderliche Stütze, Fig. 3 dagegen eine Endstütze, wie solche beispielsweise bei *b* erforderlich ist. Fig. 4 zeigt die Überführung der Ketten über die Scheiben von Fig. 2 und 3. Man vermag durch Herausschrauben der einzelnen Griffe, welche die Kettenglieder fassen,

den sicheren Eingriff der Kette auch dann zu erreichen, wenn nach längerem Gebrauche einer Kette eine Reckung der Kettenglieder eingetreten ist. Fig. 5 giebt eine Fangvorrichtung, bestimmt, Förderwagen, welche sich von der Kette abgelöst haben sollten, in ihrem Laufe auf den geneigten Ebenen festzuhalten. Der aufwärts fahrende Wagen drückt das hochstehende Geleisstück mit Hülfe eines Hebels nieder und fährt darüber hinweg, während der abwärts laufende Wagen gehemmt wird. Die Einrichtung hat sich in mehreren Fällen trefflich bewährt.

Für das Arbeitsgeleise selbst, auf welchem die Wagen nach einer der beschriebenen Arten fortzubewegen sind, stehen ganze Reihen von Oberbausystemen zur Verfügung, von der einfachen Grubenschiene auf Holzquerschwellen bis zu den eigenartigsten, theilweise ziemlich gesuchten Sonderanordnungen. Es ist dringend zu empfehlen, gleichgültig, wie das zu wählende Geleise sonst gebildet sei, sich nicht zur Wahl zu leichter Schienen verleiten zu lassen, da die geringen dadurch gemachten Ersparnisse hinterher durch Reparaturen, Vergrösserung der Zugkraft auf holprigen Bahnen und schnelle Abnutzung vielfach verloren gehen. Ein Arbeitsgeleise kann, zumal wenn dasselbe häufiger umgelegt werden muss, nicht so sorgsam unterbettet und in den Stössen der Schienen derartig gesichert sein, dass Erschütterungen beim Bewegen der Wagen ausgeschlossen wären. Man soll das Schienenprofil daher nicht nur nach Maassgabe der zu erwartenden grössten Raddrücke bestimmen, vielmehr auf jene Erschütterungen in ganz besonderem Maasse Rücksicht nehmen; viele Steinbrüche leiden unter den Missständen mangelhafter Arbeitsgeleise.

Besonders günstig liegen die Verhältnisse natürlich dann, wenn es möglich ist, ein normalspuriges Eisenbahngeleis von einem Bahnhofe bis an oder in den Bruch hineinzuziehen, wie dies beispielsweise bei dem Granitbruche Blauberg im bayerischen Walde, bei Nabburg in Bayern und in grösstem Maassstabe bei den Brüchen von Quenast bei Brüssel geschehen ist. Man scheue nicht die vielleicht erheblich höheren ersten Kosten solcher Anlage und beachte, dass für solche Arbeitsgeleise auch alte, auf Hauptbahnen ausgesonderte Eisenbahnschienen mit Vortheil verwendet werden können.

Wenn das Geleise ein Gefälle erhält, auf welchem die Bergaufschaffung mit Menschen, Pferden oder Arbeitsmaschinen schwierig und die Bergabbewegung gefährlich wird, dann steht Zahnradbetrieb, Seil- oder Kettenzug zur Verfügung. Man findet den Zahnradbetrieb in Steinbrüchen selten; dem Verfasser ist nur eine derartige Anlage bei Laufen, unweit Basel, bekannt, beschrieben in der »Eisenbahn« 1879, Zürich bei Orell Füssli & Co.

Das Vorwärtsbewegen der Kraftmaschine auf einer Zahnradbahn wird nur bei langen, vielfach gewundenen Bahnen oder dort am Platze sein, wo die Wagen von demselben Motor nicht nur gehoben, sondern auch auf grosse Entfernung horizontal weiter bewegt werden sollen; in beiden Fällen wird der Kabelbetrieb unbequem. Beides ist bei Laufen der Fall. Es handelt sich dort darum, das wiederholte Umladen vermeidend, die grossen Eisenbahnwagen aus dem Steinbruche auf einer Rampe von 6 Procent hoch zu ziehen und dann in vielfachen Windungen zu einer Eisenbahnstation weiter zu befördern. Die Aufgabe wurde dadurch gelöst, dass die für eine grösste Last von 16 Tons auf der geneigten Ebene, und 25—30 Tons auf horizontaler Strecke (bei 15—20^{km} Geschwindigkeit) berechnete Maschine vier Laufräder an jeder Achse trägt. Die beiden äusseren Räder tragen die Maschine auf der horizontalen Strecke, als gewöhnliche Adhäsionsräder wirkend; beim Übergange auf die Rampe läuft die Maschine auf innere, um ein Geringes höher stehende Schianen auf, wobei dann zugleich ein auf die Mitte der Achse aufgeschobenes Zahnrad in eine Zahnstange eingreift, welche zwischen den Schienen liegt; der Antrieb erfolgt dann nur durch dieses Zahnrad, da die inneren Räder, auf welchen die Maschine ruht, lose auf der Achse sitzen, die äusseren Adhäsionsräder aber in der Luft schweben. Es verdient hervorgehoben zu werden, dass in denselben Steinbrüchen vor Beschaffung dieser Maschine eine andere Einrichtung für Handbetrieb vorhanden war, die Eisenbahnwagen jene Rampe hinauf zu ziehen; dieselbe bestand in einem »Windewagen«, d. h. in einem kleinen Wagen mit Handwinden starker Übersetzung, welche auf ein Zahnrad und damit auf die zwischen den Schienen liegende Zahnstange wirken. Vier Mann waren zum Hochwinden eines angehängten beladenen Eisenbahnwagens erforderlich. Letztere Einrichtung scheint für einen geringen Umfang des Betriebes und eine Rampe mässiger Neigung recht beachtenswerth zu sein. — Bei grösserem Betriebe wird es in den meisten Fällen vortheilhaft, an der Stelle solcher Zahnradbahnen eine stehende Maschine zu verwenden, besonders natürlich dann, wenn Wasserkraft zur Verfügung steht oder die Aufstellung einer Dampfmaschine ohnehin für die sonstigen Zwecke des Bruchs, für eine Steinbrecheranlage u. A. erforderlich ist; findet gar eine Abwärtsbeförderung der beladenen Wagen statt, so wird man einer gewöhnlichen Bremsberganlage am ehesten den Vorzug geben.

Bei geringer Neigung der Bahn lässt man besser die Transportwagen selbst am Seil den Berg hinunterlaufen. Die Figur 6 zeigt eine in den Kalksteinbrüchen zu Rüdersdorf bei Berlin zur Herabbeförderung leerer Förderwagen ausgeführte, in der Zeitschrift für Berg-, Hütten- und Salinenwesen, Jahrgang 1880, veröffentlichte Bremsberganlage mit

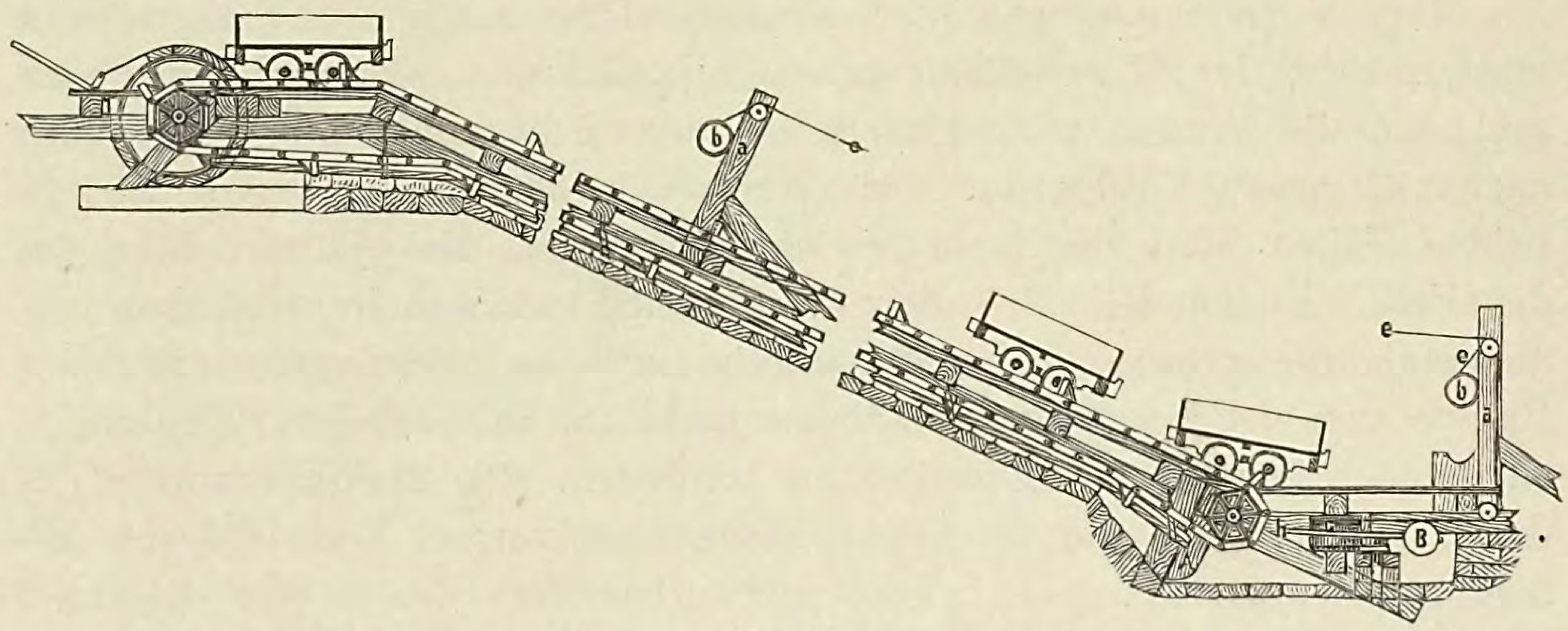


Fig. 6.

endloser oben und unten über stehende Kettentrommeln geführter Gelenkkette. Bezüglich der Einzelabmessungen und Sonderanordnungen sei auf jene Veröffentlichung hingewiesen und nur hervorgehoben, dass die hinabzulassenden Wagen nicht mit der Kette fest verbunden werden, sich vielmehr gegen Stützen lehnen, welche an einige der Kettenglieder angeschweisst sind. Oben liegt das Bremsrad, unten eine Spannvorrichtung zum Anspannen der Kette, letztere dadurch gebildet, dass die Welle der unteren Kettentrommel an zwei in der Zeichnung hintereinander liegenden Hölzern *A* befestigt ist, welche sich unten um ein Gelenk drehen, und durch zwei gleichfalls hintereinander liegende Hebelgewichte *B* nach rechts abwärts gezogen werden, dadurch eine Spannung der Kette erzeugend. Der Bremsberg hat eine Länge von 59^{m} bei 26° (= nahezu 1 : 2) Neigung. Drei Fangvorrichtungen, von denen zwei in der Zeichnung dargestellt sind, verhindern das Ab- oder Weiterlaufen der Wagen für den Fall eines Kettenbruches. Zu diesem Zwecke sind neben der Bahn je zwei verstrebte Stiele *a* aufgestellt, vor denen eine kräftige Holzwelle *b* in einer für das Durchlaufen der Wagen ausreichenden Höhe hängt, gehalten durch Zugdrähte *e*, *e*, die sich auf die am unteren Ende der Bahn unter den Schienen befindliche Trommel *c* aufwickeln. Diese Trommel ist durch eine Sperrklinke festgestellt, welche bei einem Bruche der Kette durch die alsdann herabfallenden Hebelgewichte *B* ausgelöst wird; in solchem Falle fallen die Holzwellen *b b* bei gleichzeitiger Abwickelung der Drähte *e e* von der Trommel *c* vor den Stielen *a* nieder, somit das Durchlaufen der Wagen hindernd.

Ist die Last nicht hinanzulassen sondern zu heben, dann wird gleicherweise das Maass der Steigung auf die Construction der Hebevorrichtung bestimmend einwirken. Auf den beigefügten Fig. 7 und 8 ist eine Hebevorrichtung aus den Kohlensandsteinbrüchen der Gebrüder Schröder bei Gommern unweit Magdeburg zur Darstellung gebracht.

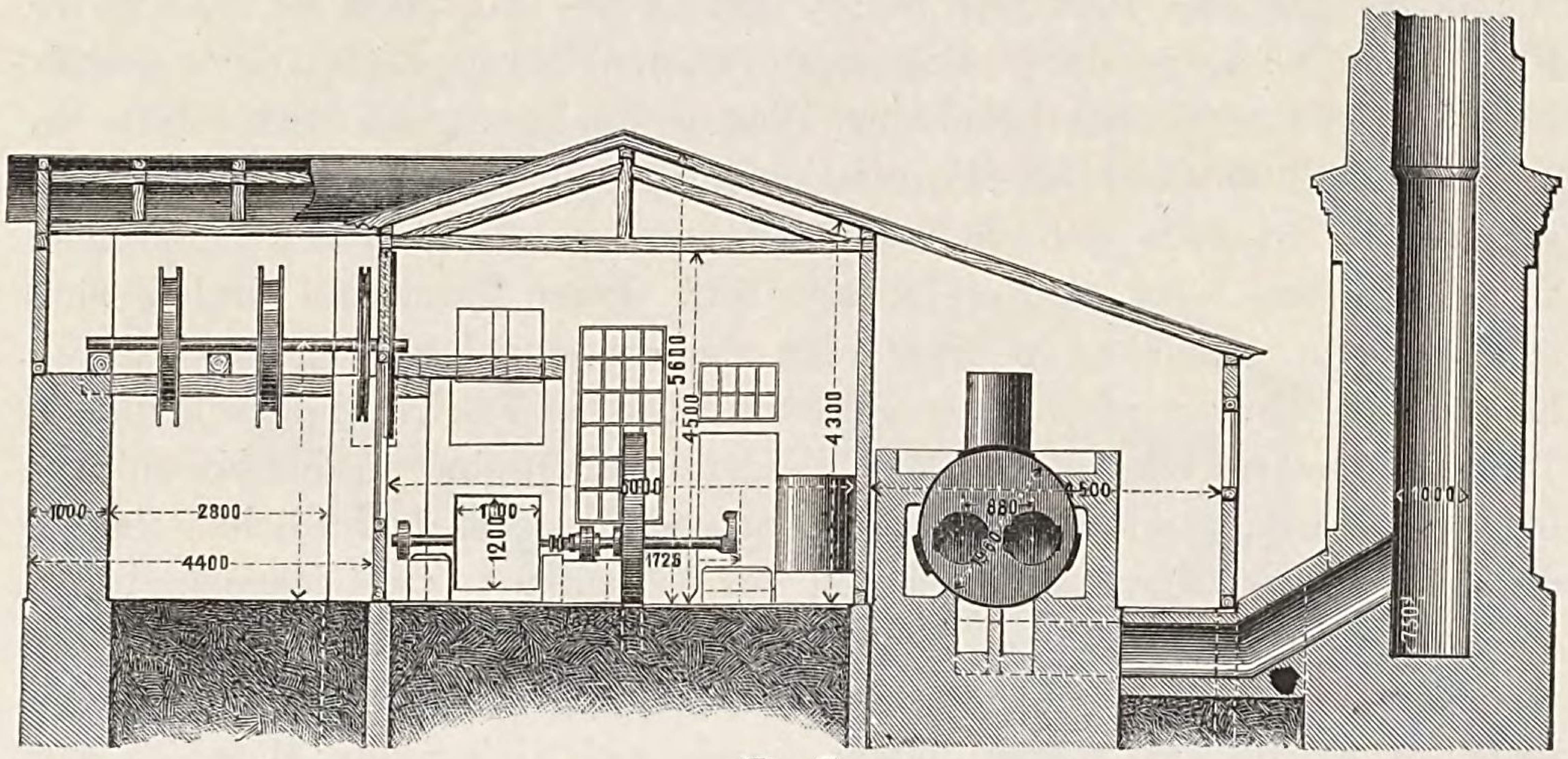


Fig. 7. Maassstab 1/150.

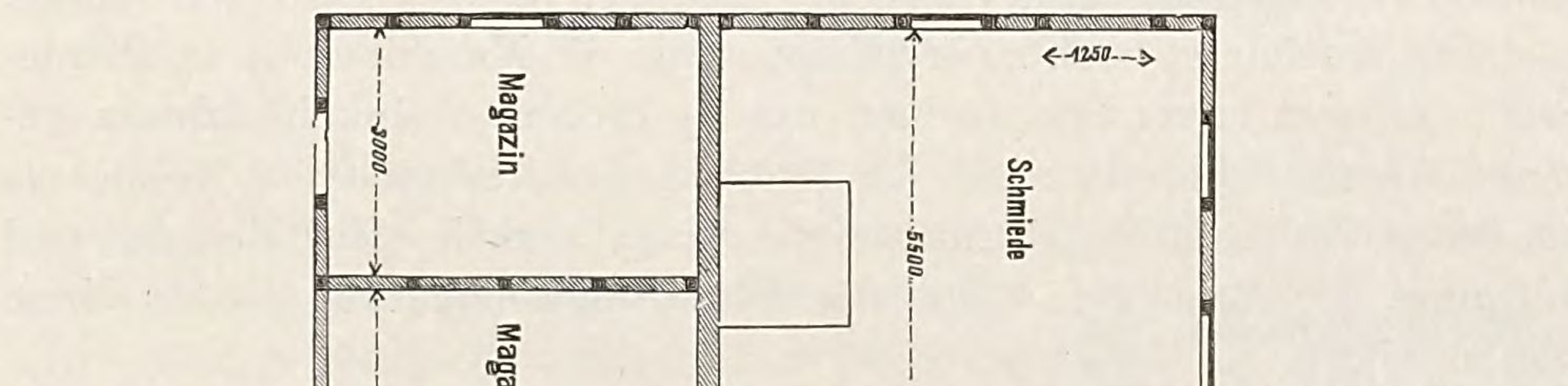


Fig. 8. Maassstab 1/150.

Die doppelgeleisige Förderbahn hat eine Länge von etwa 65^m bei einer Neigung = 1 : 3.25; die Förderwagen wiegen leer 350 bis 400^{kg}, gefüllt 2000^{kg}. Während ein beladener Wagen hochgezogen wird, läuft ein leerer Wagen abwärts, die Förderseile sind jedoch nicht zu einem Seile verbunden, wickeln sich vielmehr auf zwei neben einander befindliche Trommeln von etwa 2^m Durchmesser auf. Diese Trommeln drehen sich je nach dem Antriebe, in einer oder der anderen Richtung, was durch Einrückung eines einfach oder gekreuzt über die Triebwelle geschlagenen Treibriemens erreicht wird. Die Windetrommeln sind in das Maschinenhaus eingebaut; die Maschinen stehen in dem daneben befindlichen Raume des Grundrisses, daran schliesst sich das Kesselhaus, zwei Magazinräume, eine Schmiede und eine Reparaturwerkstatt. Im Maschinenhause, von welchem aus zugleich die Pumpen in Bewegung gesetzt werden, die den Bruch wasserfrei zu halten haben, fand eine elektrische Maschine zur abendlichen Beleuchtung des Bruches und der Arbeitsplätze Aufstellung. Über den Betrieb ist noch zu erwähnen, dass die Maschine mit 25 Pferdekräften arbeitet, dass Braunkohlen mit 25 Procent Steinkohlenzusatz gebrannt werden, und dass sich das Gewicht der verbrauchten Kohlen zu dem der geförderten Gesteinsmasse wie 1 : 43 verhält. Zur Heizung und Bedienung der Maschine, sowie der Förderungsanlage ist nur ein Mann erforderlich.

Im Anschluss an diese Anlage sei auf eine Fördervorrichtung grössten Maassstabes in Frankreich hingewiesen, welche sich gleichfalls

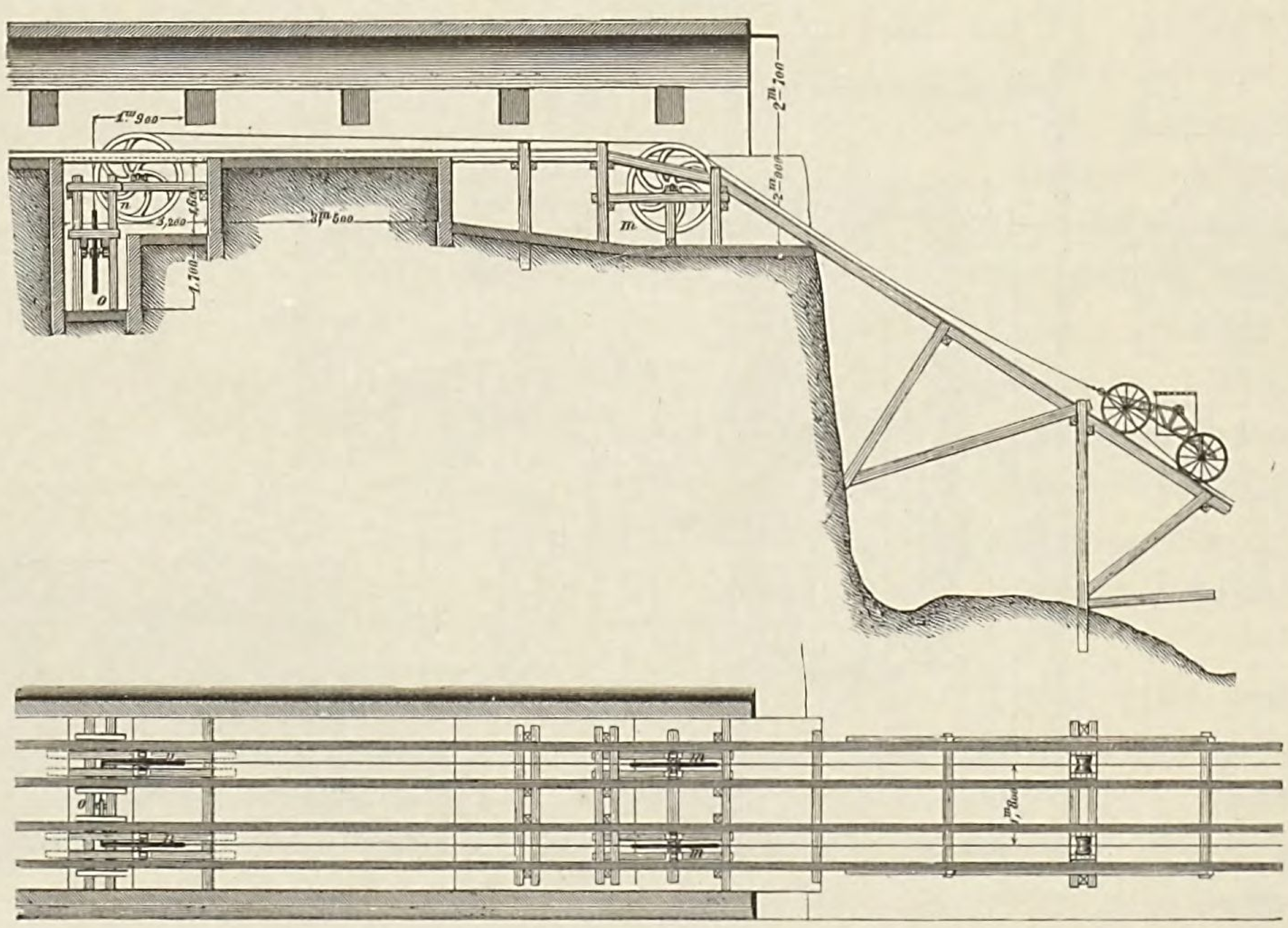


Fig. 9. Maassstab 1/225.

einer Geleisbahn und eines Seilbetriebes bedient. Es ist die in den Fig. 9—12 nach einer Veröffentlichung der »*Publication industrielle*« und des »*Scientific American*« 1883 zur Darstellung gebrachte geneigte Ebene bei Briançon, für den Transport von Baumaterialien bestimmt. Die Bahn

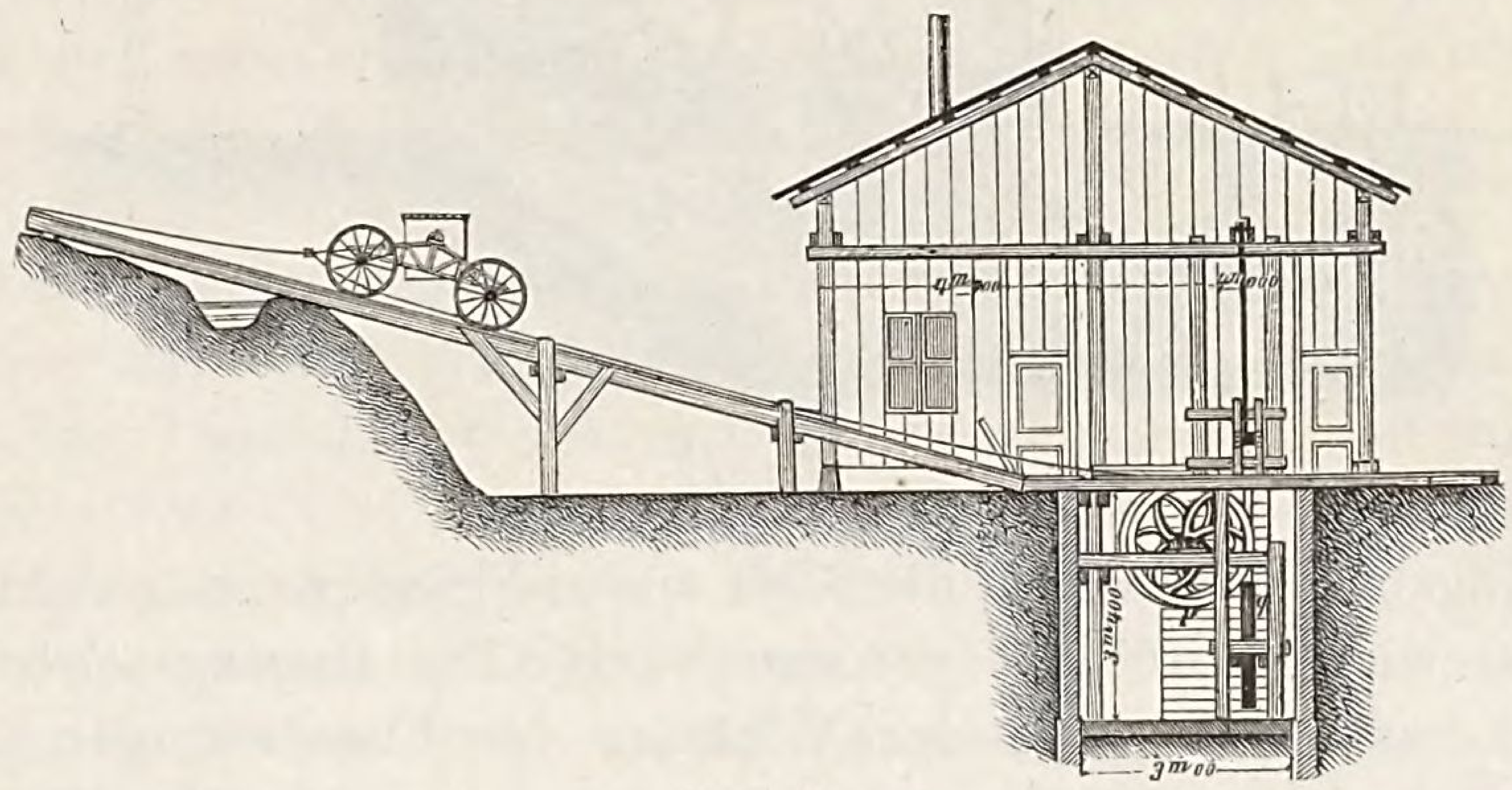
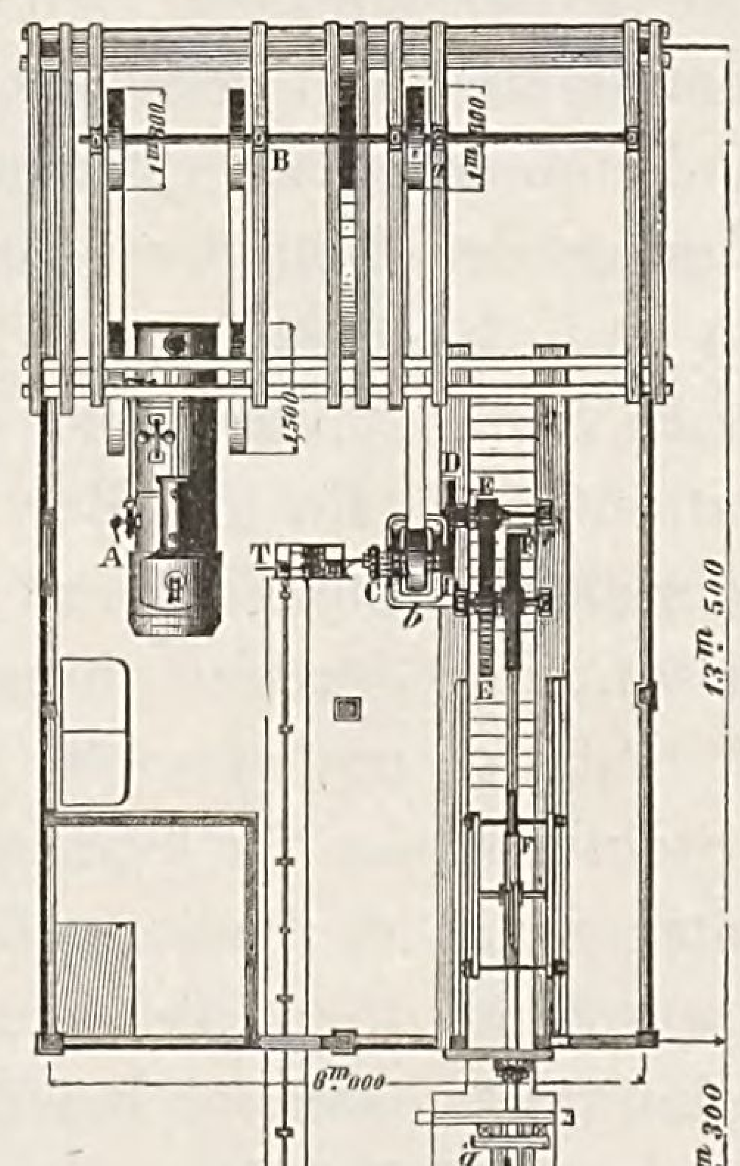


Fig. 10.

hat eine horizontale Länge von 1250^{m} bei 642^{m} Steigung, also ein durchschnittliches Gefälle gleich nahezu 1 : 2, doch ist dasselbe nicht gleichmässig, vielmehr geht die Bahn von der Horizontalen allmählig in eine grösste Steigung 1 : 1.5 über, letztere einem Neigungswinkel = etwa 34° entsprechend. Die Fördergefässe hängen wegen der starken Neigung der Bahn drehbar in einem vierrädrigen Förderwagen, der 2^{m} Achsstand und 1^{m} grosse Räder hat und auf einem Geleise von etwa 0.8^{m} Spurweite ruht. Das Eigengewicht des Förderwagens beträgt 750^{kg}, die grösste geförderte Last 1250^{kg}. Die Bahn ist zweigeleisig und durch ein Seil ohne Ende von 3000^{m} Länge bedient, welches oben und unten über Führungstrommeln läuft und mit den Förderwagen durch eine Frictionskuppelung verbunden wird. Die Art der Führung dieses Seils über die oberen und unteren Räder ist aus den Zeichnungen ersichtlich, hervorzuheben bleibt nur, dass die Spannung durch das



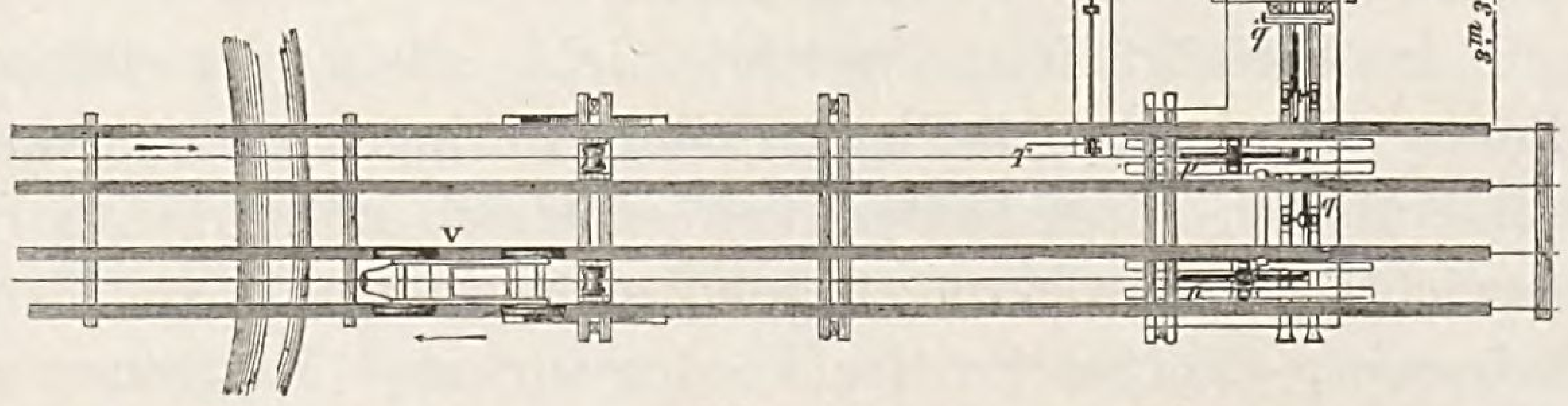


Fig. 11. Maassstab 1/225.

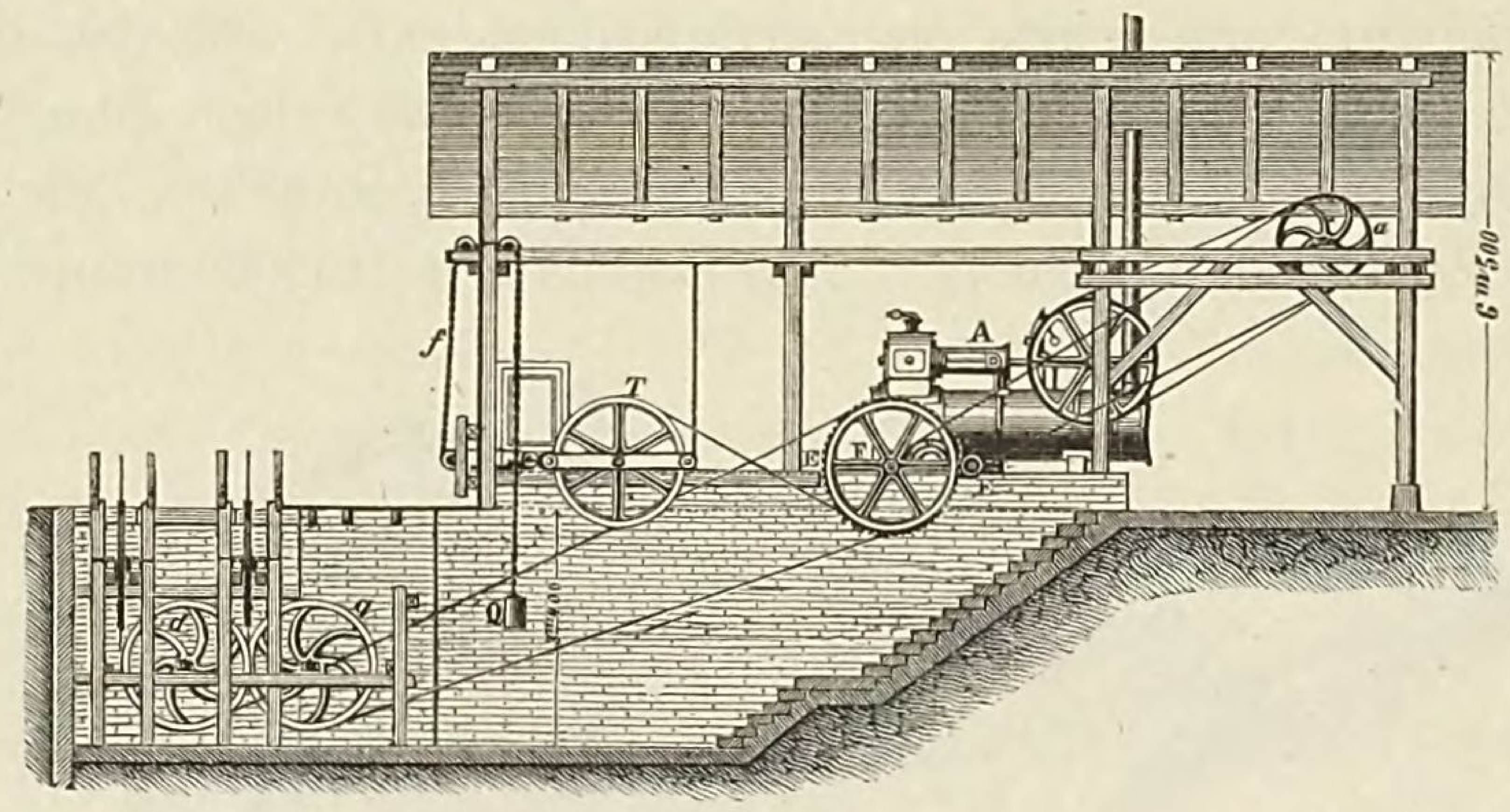


Fig. 12.

Rad *T* erfolgt, welches durch die über einen Flaschenzug geführte Kette *f* und das Gewicht *Q* seitlich gezogen wird. Das Gegengewicht *Q* wiegt 500^{kg} und äussert in Folge der Wirkung des Flaschenzuges einen Zug von 2000^{kg} auf das Förderwerk, dadurch eine für die Wirkung der Maschine ausreichende Reibung auf der Triebwelle *F* erzeugend.

Das Maschinenhaus fand am unteren Ende der geneigten Ebene Aufstellung. Die Dampfmaschine mit einer Stärke von 25 Pferdekraft bewegt das endlose Seil mit einer Geschwindigkeit von 1.5^{m} in der Secunde stets in gleicher Richtung. Die zur Vorwärtsbewegung eines beladenen Wagens erforderliche Zugkraft ist wegen der ungleichartigen Neigung der Bahn eine sehr ungleichmässige; wenn der beladene Wagen sich auf dem steilsten Theile der Bahn in der Nähe der oberen Endstation befindet, steigt sie auf 1340^{kg}, wozu noch der auf 660^{kg} geschätzte Kraftaufwand für die Bewegung des Seiles, Überwindung aller Reibungswiderstände und Fortbewegung des leeren Förderwagens auf der unteren horizontalen Strecke hinzutritt. Das Seil ist ein Stahldrahtseil von 18^{mm} Stärke und 3600^{kg} Gewicht (1.2^{kg} auf 1^{m}). — Wenn es sich auch in Steinbrüchen für Strassenbaumaterialien niemals um ein Anheben der Gesteine auf so bedeutende Höhe, wie bei dieser Anlage handeln wird, so verdient doch die aus den Abbildungen ersichtliche Art der Aufstellung des Ganzen Beachtung.

In Steinbrüchen, welche nicht allein der Pflastersteingewinnung dienen, sondern auch Platten oder Bautheile liefern, kann der Ausnahmefall eintreten, dass Lasten von erheblich höherem als dem gewöhnlichen Gewichte der Förderwagen gehoben werden müssen; es würde unvortheilhaft sein, die Stärke der Förderseile und Maschinen solchen vereinzelt vorkommenden Lasten anzupassen und hilft man sich daher bei kürzeren Bahnen wohl mit der Bereithaltung eines Reserveseils, welches, auf besonderen Leitrollen laufend, einerseits an dem die Last tragenden Wagen,

andererseits an einem Ballastwagen befestigt ist, der auf dem zweiten Geleise abwärts läuft und die Maschine in der Förderung der Last unterstützt.

Sollte es möglich sein, Wasser als Triebkraft zu verwenden, so wird man davon am einfachsten in der Form Gebrauch machen, dass jeder Förderwagen mit einem Behälter für Wasserbalast versehen wird (eventuell als besonderer Wagen angehängt), der oben gefüllt und unten entleert wird. Ein Beispiel für solche Anlage ist in der Giessbachbahn gegeben, welche in der »Eisenbahn« 1879, Zürich bei Orell Füssli & Co. veröffentlicht wurde. Sie hat eine horizontale Länge von 333^{m} bei 93^{m} Höhenunterschied und befördert ein grösstes Wagen- und Ladegewicht von 9.5 Tons. Sonstige Wassermotoren, Turbinen u. A. wurden bisher nicht angewendet.

In den Kalksteinbrüchen von Rüdersdorf, unweit Berlin, findet sich eine Förderung mittels geneigter Ebene und Seilbetrieb, bei welcher ein zu bewegender Wagen nicht unmittelbar mit dem Förderseil verknüpft, vielmehr von einem rechteckigen eisernen Rahmen gefasst wird, der seinerseits am Seile befestigt ist; es liegen mehrere derartige Rahmen hintereinander, so dass eine grössere Anzahl von Wagen auf ein Mal gefördert werden kann. Die Rüdersdorfer Brüche besitzen zwei derartige Anlagen, eine für das gleichzeitige Aufziehen von drei Eisenbahnwagen von je 10000^{kg} Ladegewicht und eine kleinere für das gleichzeitige Fördern von sechs kleinen Förderwagen gewöhnlicher Grösse bestimmt. Die grössere Anlage fordert zwar bedeutende maschinelle Einrichtungen (zwei Zwillingsmaschinen zu je 130 Pferdekraft), ist aber gleichwohl deshalb beachtenswerth, weil dabei ein Umladen der Steine vermieden wird. Es kommt darauf zwar in dem besonderen Falle von Rüdersdorf weniger an, doch wird darauf bei der Verfrachtung von sauber bearbeiteten Pflastersteinen und Platten unter Umständen Werth gelegt werden müssen. Immerhin kann nur ein sehr grossartiger Betrieb eine solche Anlage rechtfertigen.

Diese beiden Rüdersdorfer Förderungen ähneln sich in ihrer ganzen Anordnung sehr, und Verfasser beschränkt sich deshalb, obgleich auch die Zeichnungen der grösseren Förderstelle seitens der Königlichen Berginspection Rüdersdorf in entgegenkommendster Weise zur Veröffentlichung überlassen worden sind, auf eine Darstellung, siehe Fig. 13—15, der kleineren Anlage in Anlehnung an eine Veröffentlichung in der neuesten Auflage von Dr. A. SERLO, Ober-Berghauptmann und Abtheilungs-Director im Ministerium der öffentlichen Arbeiten, »Leitfaden zur Bergbaukunde«, Berlin 1884. Die geneigte Ebene hat gleich derjenigen der grösseren Anlage eine ungefähre Neigung 1 : 5 (11°). Die Querstangen des eisernen, in den Punkten *d, d, d* gelenkigen Rahmens, tragen an ihren Enden kleine, durch

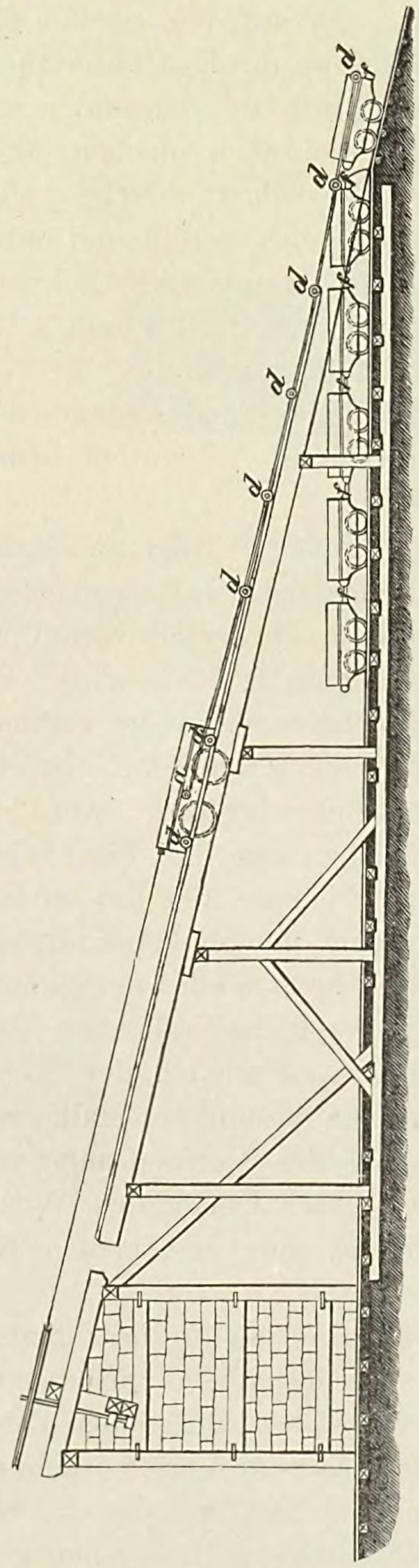


Fig. 13.

dieselben Buchstaben *d, d, d* bezeichnete Räder, mittels welcher die Rahmen sowohl am oberen Ende der Bahn *A* als auch unten bei *B* auf Längsbalken auflaufen, die durch hölzerne Gerüste unterstützt sind. Um das selbstthätige Abwärtslaufen des leergehenden Rahmens zu sichern, insbesondere aber um das Auflaufen desselben am unteren Ende der Bahn auf das hochliegende Gerüst *B* zu ermöglichen, ist derselbe mit einem Ballastwagen *a* verbunden, der nach erfolgter Förderung mittels Rollen *d, d* gleichfalls auf das annähernd in der Verlängerung der geneigten Ebene stehende obere Holzgerüst aufläuft und somit die Durchführung der Förderwagen daselbst ermöglicht; er besitzt zugleich grössere Laufräder, mittels deren er sich auch auf dem Arbeitsgeleise der Förderbahn bewegen kann.

Soll ein Zug gefördert werden, so lässt man den Rahmen auf das untere Holzgerüst *B* auflaufen und schiebt dann die Förderungen einzeln, oder durch Zugketten verbunden, so unter den sich langsam, in der Zeichnung nach links bewegenden Rahmen, dass jeder Wagen am hinteren Ende von einer Querstange dieses Förderrahmens gefasst wird; die Wagen tragen Knaggen *f f*, um ein Hinabrutschen des Rahmens hinter den Wagen zu verhindern. So bewegt sich der Zug aufwärts bis zur oberen Station, woselbst die Förderwagen durch das Auflaufen des Rahmens auf das Holzgerüst selbstthätig ausgelöst werden und in Folge der ihnen noch innewohnenden lebendigen Kraft oder angemessener Neigung des Geleises weiter laufen.

In diesem selbstthätigen Ein- und Ausrücken und der fehlenden Nothwendigkeit, die Wagen mit der Seilbahn zu verbinden oder von ihr abzulösen (das sogenannte »An- und Abschlagen«), liegt der Haupt-

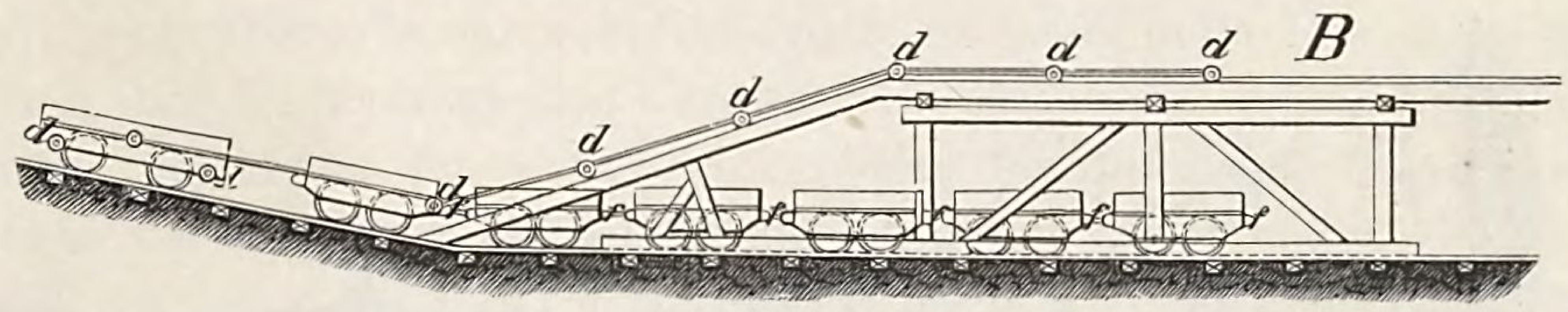


Fig. 14.

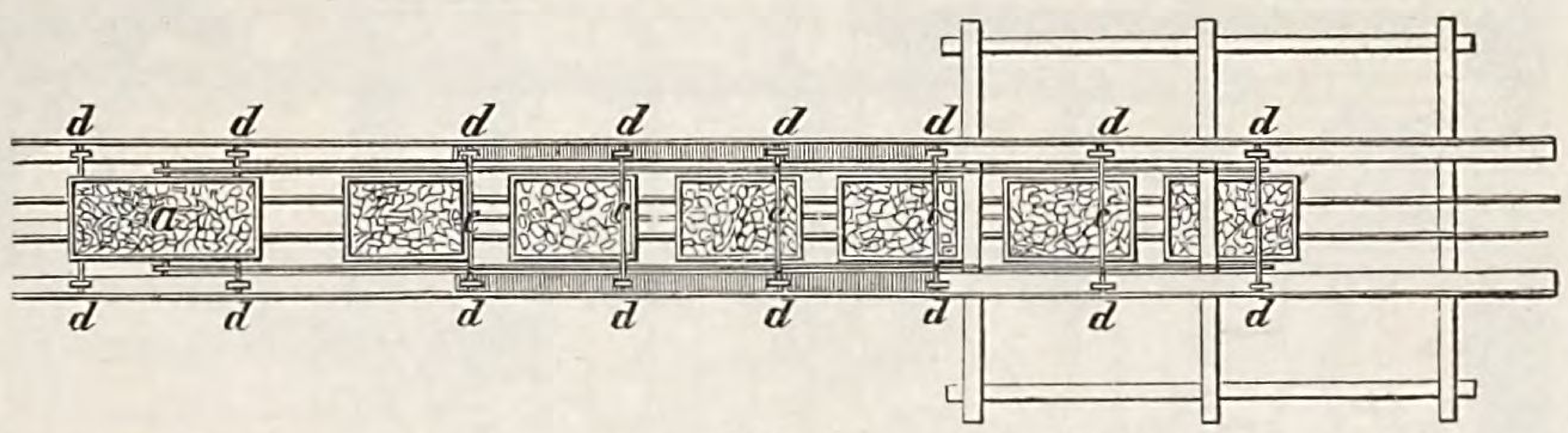


Fig. 15.

vorzug dieser Anlage. Im Interesse einer gleichmässigeren Beanspruchung des Rahmens möchte es liegen, die Wagen einzeln, nicht durch Zugketten verbunden, unter den Rahmen zu schieben, denn es ist in letzterem Falle bei Reckung oder Verschakung der Zugketten nicht immer auf ein Anlehnen aller einzelnen Wagen an die Querstangen des Rahmens zu rechnen, also zu befürchten, dass einzelne der Querstangen zu stark beansprucht und daher durchgebogen werden.

Das Förderquantum in einer zehnstündigen Schicht beträgt bei der abgebildeten Anlage ungefähr 1000 Tons, die Kosten der Förderung einschliesslich aller Ausgaben für die Maschinen 0.60 Mark auf 1 Ton. Die Rückbeförderung der leeren Wagen kann gleichfalls mittels der beschriebenen, doppelgeleisig angelegten Bahn erfolgen, doch wurde in Rüdersdorf wegen örtlicher Verhältnisse zu diesem Zwecke ein besonderer Bremsberg mit endloser Kette angelegt, der bereits beschrieben worden ist, Fig. 6, übrigens bei angemessener Umarbeitung auch für das Hochziehen beladener Wagen verwendbar sein dürfte, und deshalb hier nochmals erwähnt sei.

Desgleichen ist hier der Ort, auf zwei in den Brüchen von Quenast bei Brüssel vorkommende, nahezu lothrecht wirkende Aufzugsvorrichtungen hinzuweisen, bei denen verdichtete Luft als bewegende Kraft benutzt wird. Die Figuren 16 und 17 stellen dieselben dar. Die erstere ist ohne Weiteres verständlich; bezüglich der zweiten ist zu beachten, dass das Seil, an welchem der linke, in der Zeichnung unten befindliche Förderrahmen hängt, nachdem es über das linke grosse Rad und die an der Kolbenstange sitzende lose Rolle geschlungen, bei *A* befestigt ist, während das Seil des rechten Förderrahmens über das rechte grosse Rad, dann über die neben dem Kopf des Cylinders befindliche feste Rolle, und

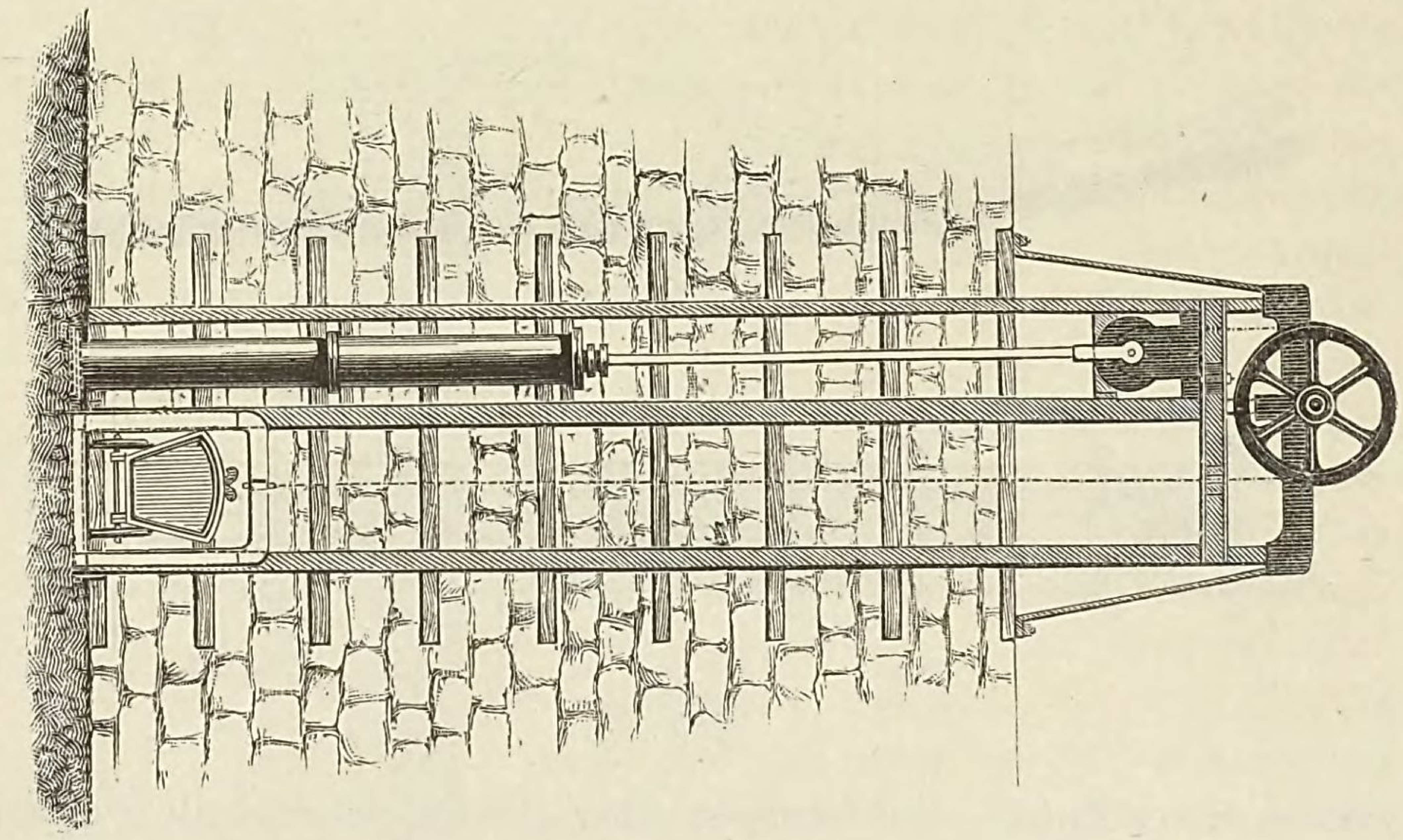


Fig. 16. Maassstab 1/100.

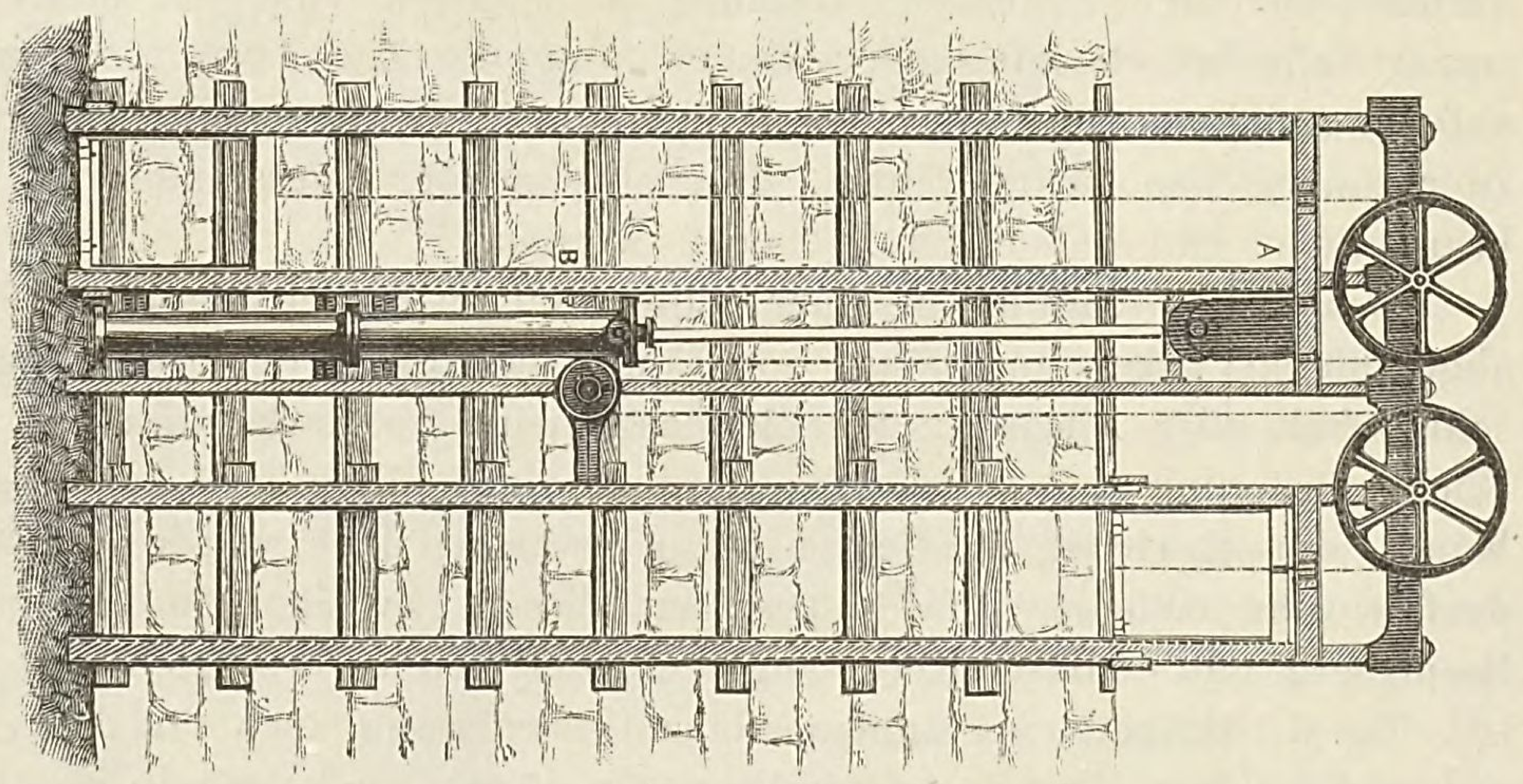


Fig. 17. Maassstab 1/100.

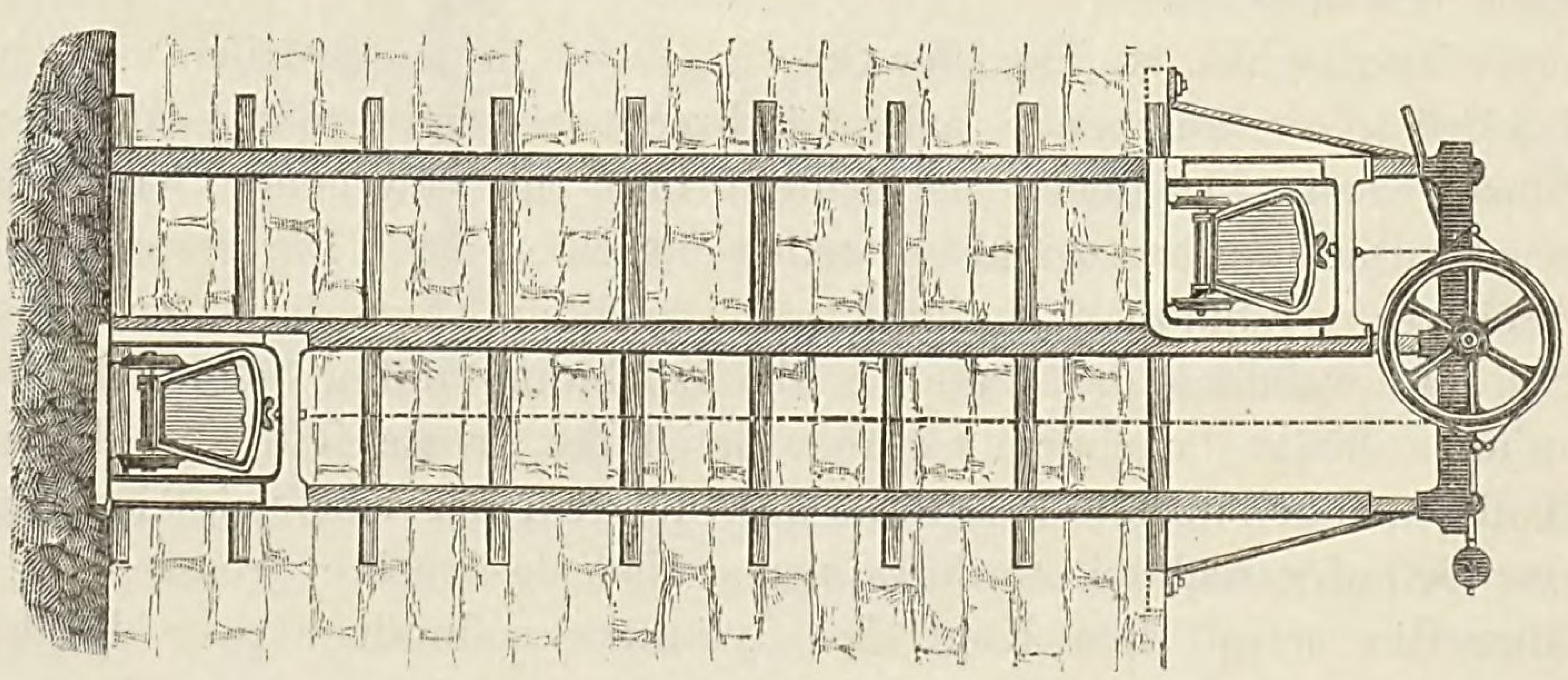


Fig. 18. Maassstab 1/100.

darauf erst über die an der Kolbenstange befindliche lose Rolle gelegt ist, um bei B befestigt zu werden. So steigt der eine Förderrahmen aufwärts, während der andere sinkt, und der Luftdruck hat nur die zu hebende Last und die Reibungswiderstände zu überwinden.

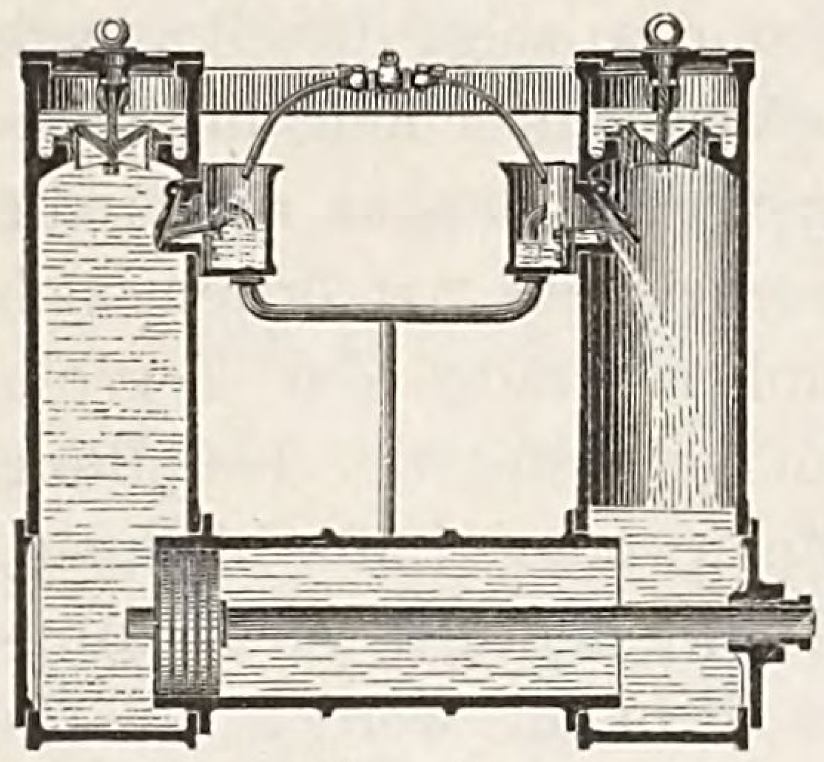


Fig. 19.
Maassstab 1/50.

Fig. 19 giebt den Querschnitt der zum Verdichten der Luft benutzten Maschine. Dieselbe ist insofern eigenartig, als der dichte Schluss der Kolbenpackung durch die Wasserfüllung erleichtert wird, welche abkühlend auf die Luft wirken soll. Ein sehr lästiges Schlottern der Ventile beim Einströmen der Luft hat man durch Spannfedern beseitigt, welche die Ventile an ihre Lager anziehen.

Es sei hier zugleich in Fig. 18 eine gleichfalls in Quenast vorhandene einfache Bremsvorrichtung zum Hinablassen beladener Steinwagen dargestellt.

Bevor das Gebiet derjenigen Förderanlagen verlassen wird, bei welchen der zu hebende oder hinabzulassende Wagen selbst, oder mittels eines Gestells auf einer horizontalen, geneigten oder nahezu lothrechten Geleisbahn läuft und durch Kabelzug bewegt wird, sei noch erwähnt, dass man zuweilen bei bedeutender Länge dieser Bahn zur Kostenersparniss auf Anlage zweier vollständiger Geleise nebeneinander verzichtet und nur drei Laufschienen anordnet, deren mittlere auf halber Länge der Bahn, also dort wo die auf- und niedergehenden Wagen sich kreuzen, weichenartig in zwei Schienen übergeht, so dass nur dort vier Schienen nebeneinander liegen. Die Seile laufen dabei auf zwei Reihen nebeneinander befindlicher Laufrollen.

Diesen sämmtlichen vorbeschriebenen Arten der Fortbewegung sind die sogenannten »Hängebahnen« oder »Luftseilbahnen« gegenüber zu stellen, bei denen der Behälter, welcher die zu bewegende Last trägt, nicht auf Schienen »ruht«, sondern an Schienen »hängt«. Dabei ist entweder die zwischen der Achse der auf einem Trageseile oder einer Tragestange laufenden Tragerolle und dem Behälter erforderliche Verbindung einseitig an der Achse der Rolle befestigt und so gekrümmt, dass die Rolle bei Anhängung der Last eine lothrechte Stellung behält, oder die Achse der Tragrolle verlängert sich bügelartig nach beiden Seiten abwärts, dort zwei getrennte Behälter aufnehmend, deren gemeinschaftlicher Schwerpunkt unter dem Trageseil in der Ebene der Tragerolle liegt.

Zur Vermeidung der schwankenden Bewegungen, in welche die auf diese Weise aufgehängte Last dann leicht gerathen würde, wenn sie an nur einer Tragerolle hinge, sind meist deren zwei hinter einander auf

das Trageseil gestellt, wie aus den zum Abdrucke gebrachten Zeichnungen ausgeführter Anlagen hervorgeht.

Die zuletzt beschriebene Art der Anhängung zweier Tragekörbe hat, obgleich wiederholt in Vorschlag gebracht, bisher am wenigsten Beachtung gefunden. Die Figur 20 zeigt dieselbe nach einer neuerlichen Veröffentlichung im *Scientific American Supplement* Januar 1884; die andere zuerst beschriebene Art erfreut sich dagegen eines hohen Grades der Vervollkommnung. Man geht mit der Erfindung dieser Hängebahnen oder Luftseilbahnen, welche auch wohl zweideutiger Weise kurzweg »Seilbahnen« genannt werden, bis in frühere Jahrhunderte zurück, auf alte Veröffentlichungen solcher Anlagen hinweisend.[1]

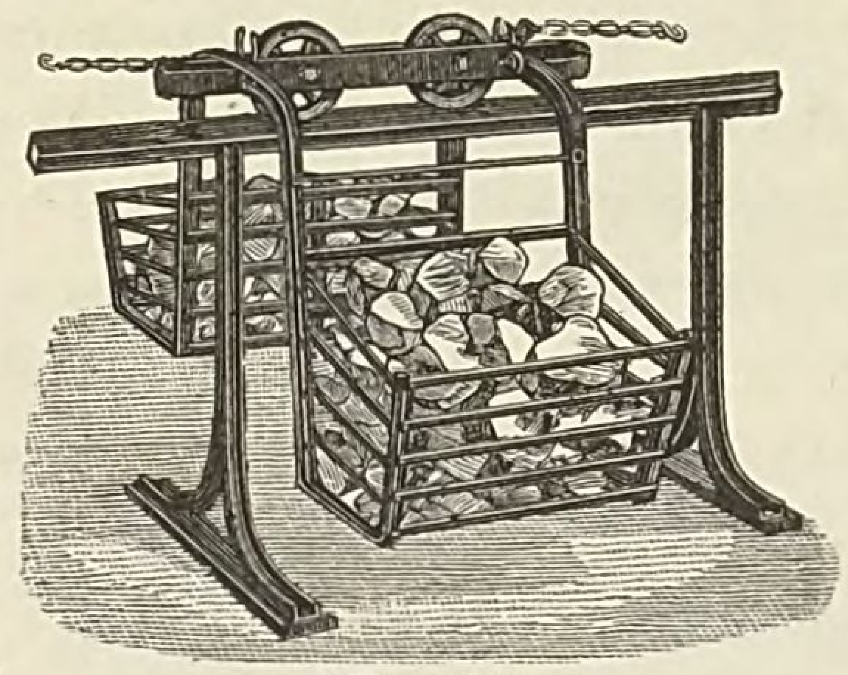


Fig. 20.

Einen erheblichen Nutzen hat man aber bis vor wenigen Jahrzehnten aus dieser Art der Beförderung nicht gezogen und Verfasser nimmt wohl richtig an, dass die neueste Vervollkommnung derselben als eine unmittelbare Folge der Vervollkommnung der »Drahtseilfabrication« anzusehen ist. Mehrere Techniker haben sich neuerdings als Specialisten mit der Ausbildung dieser Bahnen beschäftigt, in besonders hervorragender Weise die Ingenieure der Firma Adolf Bleichert & Co. in Leipzig-Gohlis und Wien, welche sich mit Recht eines weitgehenden Rufes auf diesem Gebiete erfreut.

Die Anlage an sich ist, wie aus dem Nachfolgenden ersichtlich wird, überaus einfacher Art, gleichwohl möchte es sich, was vorweg erwähnt sei, nicht empfehlen, selbstständig an die Ausführung solcher Bahn heranzutreten, man wird vielmehr gut thun, zum mindesten bei einer ersten Ausführung sich die reichen Erfahrungen solcher Fabrik, welche bereits Hunderte von ähnlichen Anlagen zur Ausführung brachte, zu Nutze zu machen. Die Hängebahn oder Luftseilbahn hat vor allen anderen Beförderungsmitteln den Vorzug, von der Form der Erdoberfläche am wenigsten abhängig zu sein; die sämmtlichen kleineren Schwingungen des Terrains, dessen Steigen oder Fallen die Bahn nur in grossen Zügen folgt, werden ohne Vornahme von Erdarbeiten durch Aufstellung höherer oder niedrigerer Stützen zum Tragen des Trageseils aufgehoben, tief einschneidende Schluchten werden durch ein entsprechendes Auseinander-

[1] 1. Feuerwerksbuch von 1411 in der Königlichen Hofbibliothek zu Wien mit der Beschreibung einer Hängebahn; 2. Chronik der Stadt Danzig, einen Erdtransport mittels an einem Seile aufgehängter Kübel vom Jahre 1644 beschreibend; 3. *Theatrum machinarum hydrotechnicarum* von J. Leupold († 1728); 4. Sganzin-Reibell, *Cours de constructions*, Auflage von 1835.

rücken der Stützen überschritten, in welchem Falle nur für eine kräftigere Ausbildung dieser Stützen und Wahl eines stärkeren Seils zu sorgen ist. Der mittlere Abstand der Stützen beträgt bei den gewöhnlichen Ausführungen etwa 25^{m}; man hat denselben in besonderen Fällen bis über 200^{m} vergrössert und ist bei der jetzigen hohen Vervollkommnung der Stahldrahtseile in keiner Weise gehindert, mit dieser Abmessung noch erheblich weiter zu gehen. Die Stärke des Seils ist dem Abstande der Stützen, der zu erwartenden Belastung und der für die bequeme Überführung der Fördergefässe über die Stützpunkte erforderlichen Anspannung des Seils entsprechend zu wählen. Die gewöhnliche Stärke desselben liegt zwischen 25^{mm} und 32^{mm}. Die Figuren 21 und 22 zeigen die Anordnung der gewöhnlichen Stützen für geringere oder grössere Höhen; es wurden bis jetzt meist Holzstützen verwendet, aus Rundholz gefertigt, stets mit einer seitlichen, nur die hohen Stützen auch mit einer Längsabsteifung versehen. Sie tragen oben einen Querbalken, auf dessen Enden zwei Seile gelagert sind, eins für den Hin-, das andere für den Rücktransport der Fördergefässe. Die Vorwärtsbewegung bei horizontaler oder steigender und die Hemmung bei fallender Bahn erfolgt durch ein geschlossenes, unterhalb der Trageseile schwebendes, mit den Förderkasten verbundenes »Zugseil«, welches sich, sofern die Bahn nicht in Betrieb gesetzt ist oder die Förderkasten sich ausnahmsweise in zu grossen Abständen folgen sollten, auf kleine auf einem unteren Querbalken ruhende Laufrollen, sogenannte Schutzrollen, auflegt.

UNTERSTÜTZUNG FÜR HÖHEN BIS 8 METER.

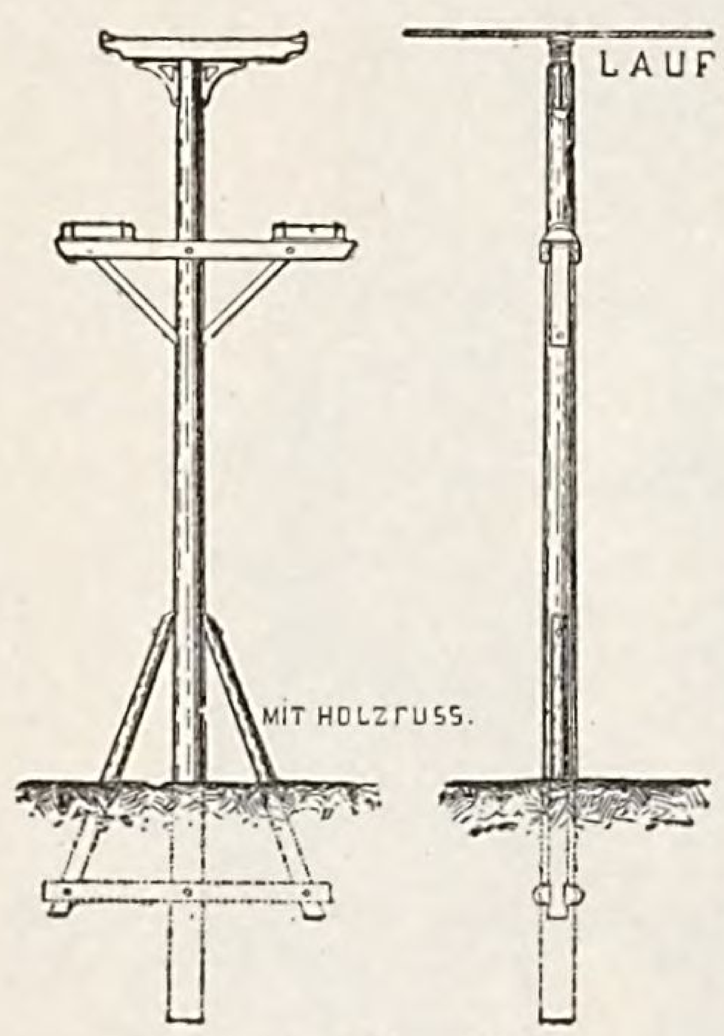


Fig. 21.

UNTERSTÜTZUNG FÜR HÖHEN BIS 25 METER.

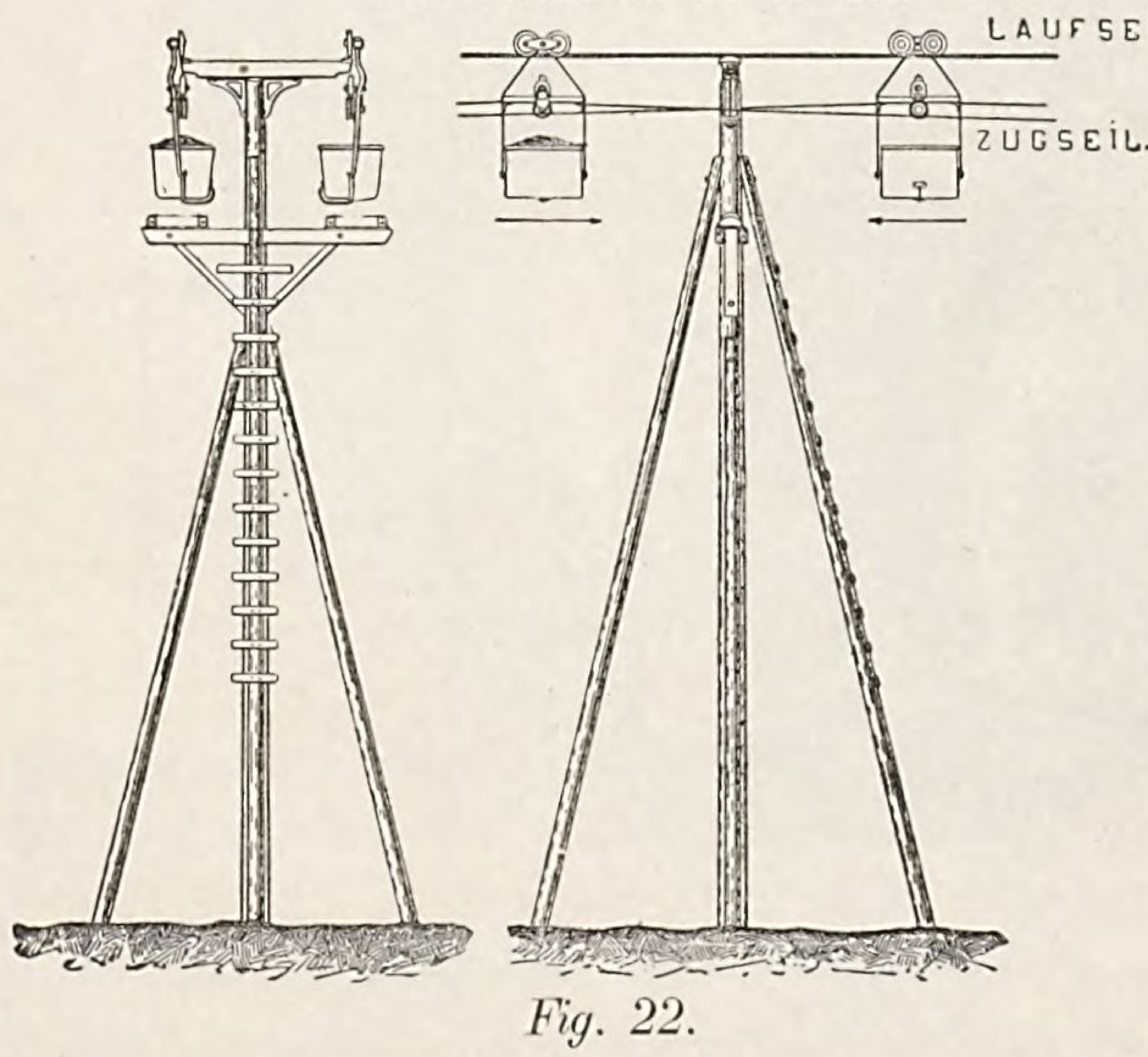


Fig. 22.

Die Förderkasten selbst sind der Art des zu bewegenden Körpers entsprechend auszubilden, für Strassenbaumaterialien

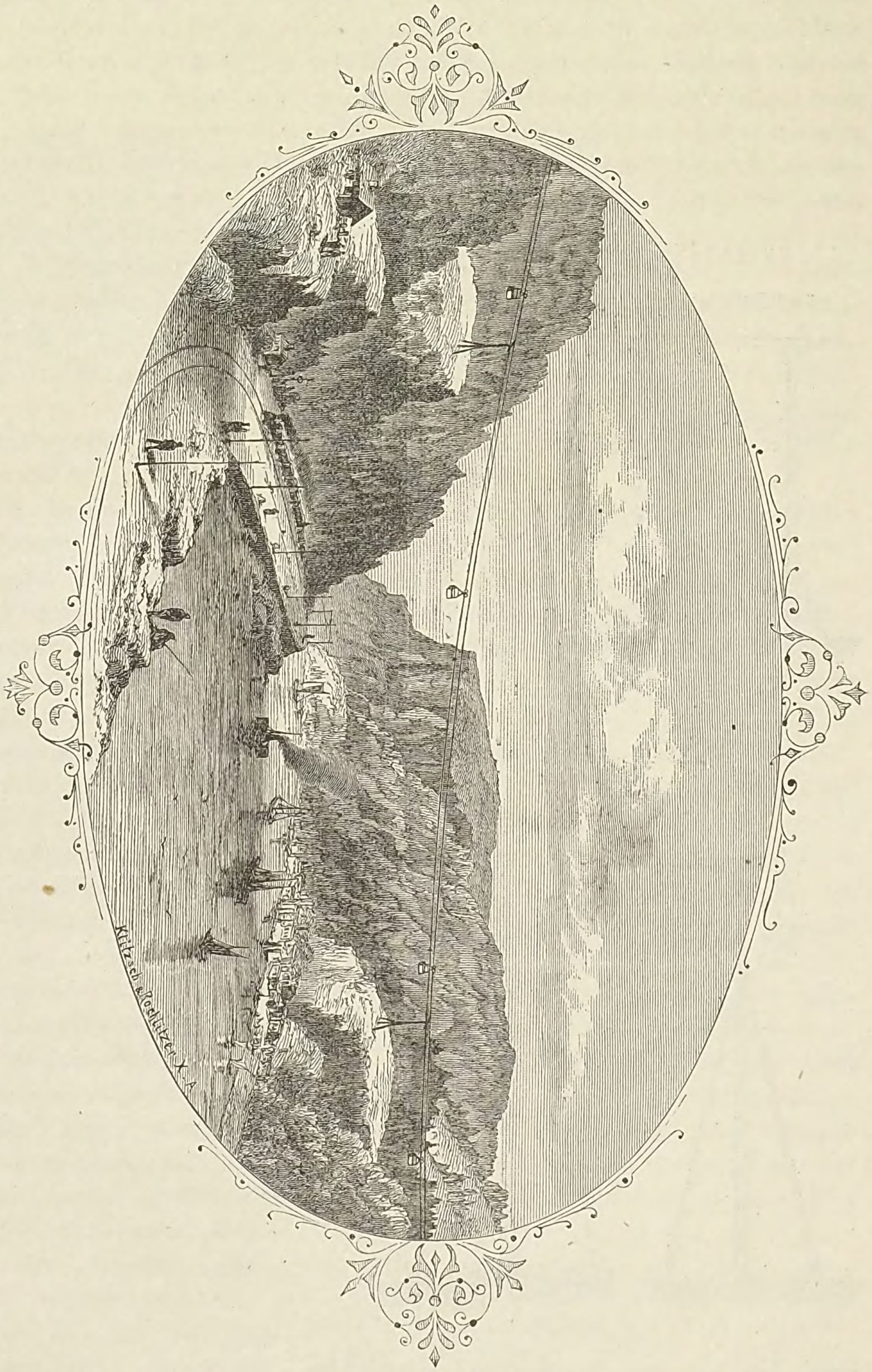


Fig. 23. Ansicht einer Luftseilbahn.

eignen sich die in den Fig. 24—27 abgebildeten Gefässe, sie haben ein

Beförderung von Bordsteinen.

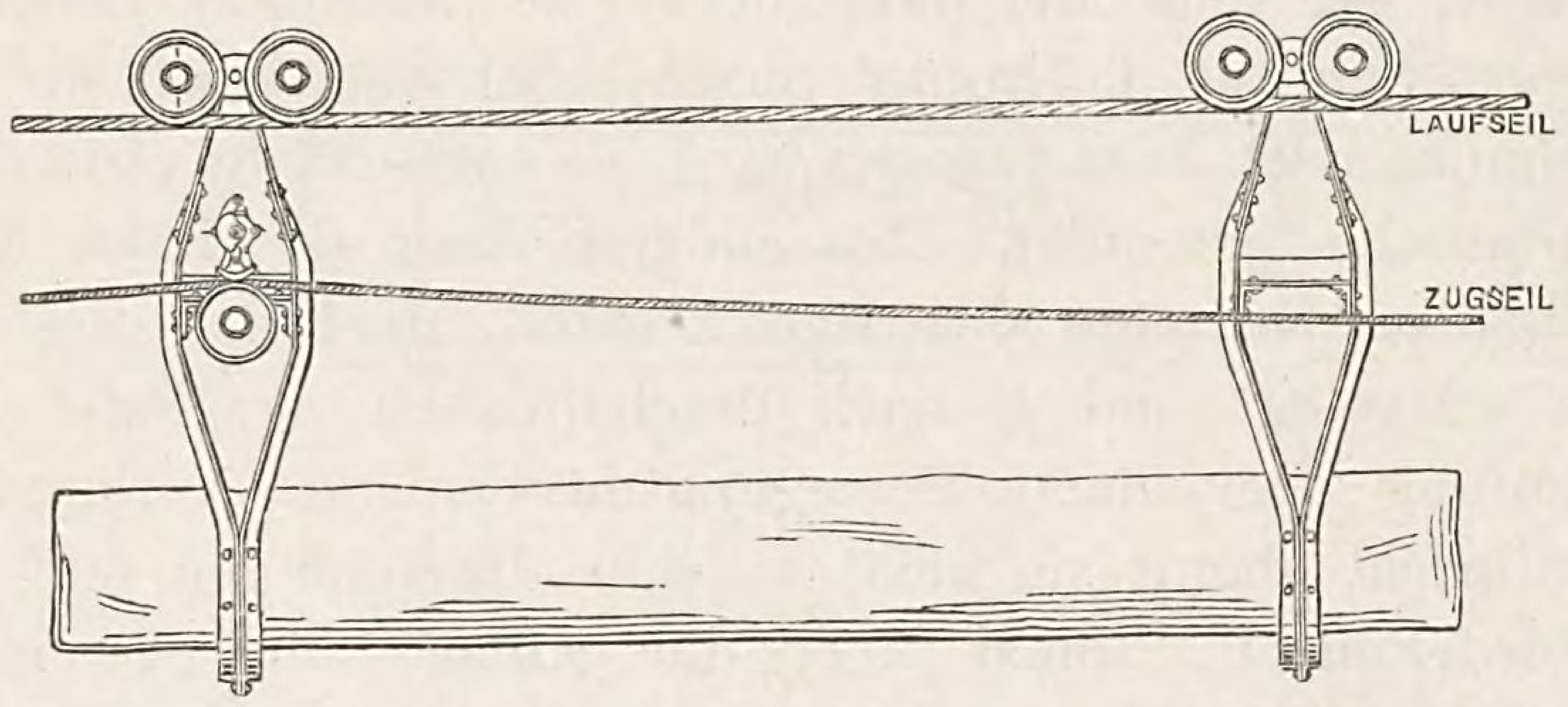


Fig. 24a.

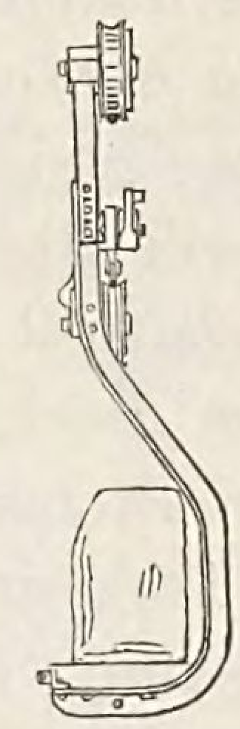


Fig. 24b.

Beförderung von Platten.

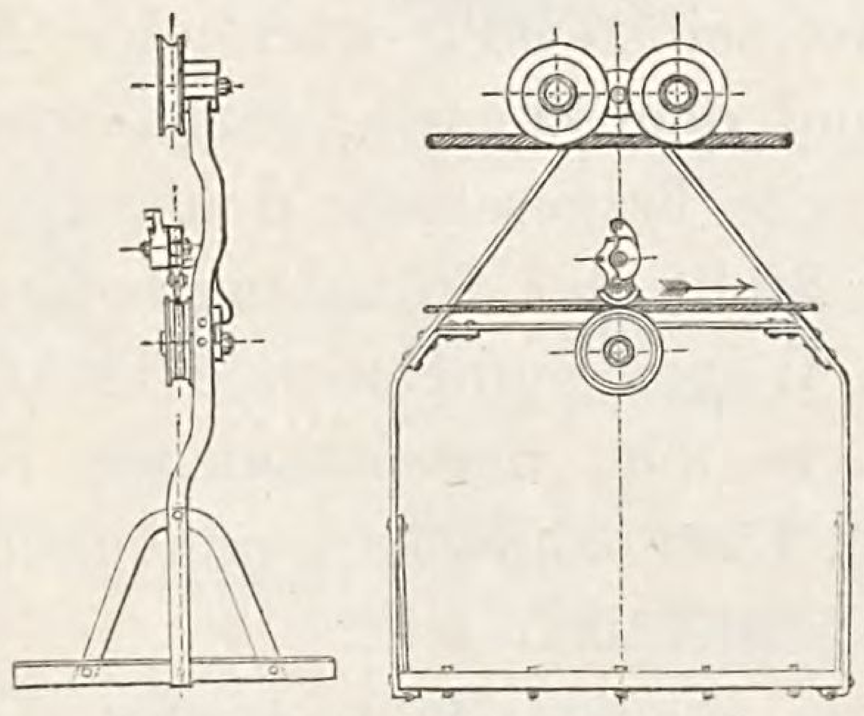


Fig. 25.

Beförderung von Schotter.

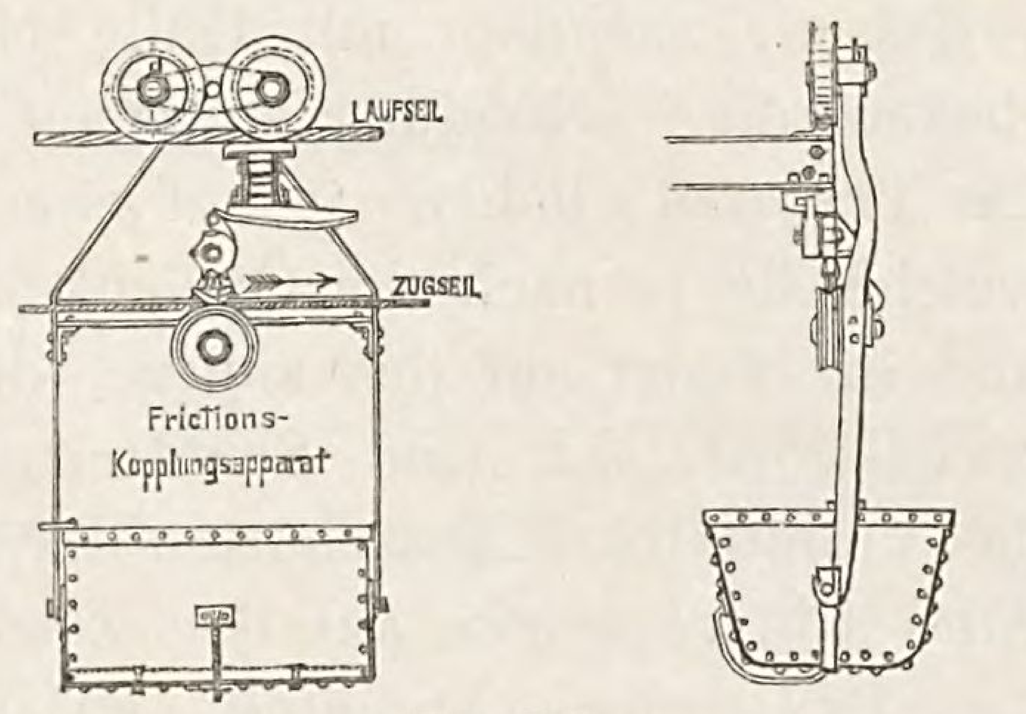


Fig. 26.

Beförderung von Pflastersteinen.

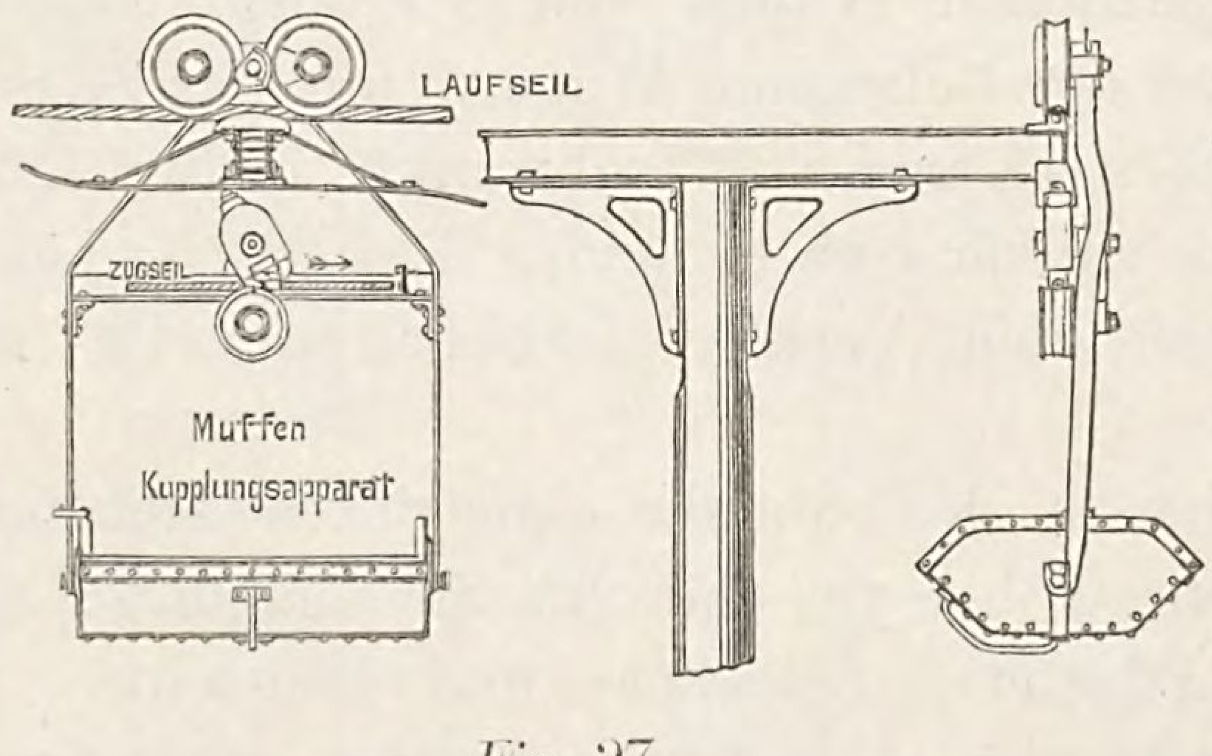


Fig. 27.

durchschnittliches Ladegewicht von 300kg, doch wurde dasselbe schon in vereinzelten Fällen bis auf 650kg gesteigert. Sie folgen sich in Abständen von 60 bis 100m, was bei einer durchschnittlichen Seilgeschwindigkeit von 1.5m in der Secunde einer stündlichen Leistung von 16—25 Tons entspricht. Wo die Bahn über Wege hinweggeleitet wird, pflegen die zuständigen Behörden eine leichte Überdachung derselben zu fordern, um Beschädigungen durch etwa herabfallende Steine vorzubeugen. Die Verbindung der Förderkasten mit dem Zugseile muss eine unverrückbar feste aber zugleich schnell lösbare sein; eine Besprechung der mehrfachen in Anwendung stehenden Arten dieser Befestigung würde hier zu weit führen.

Dieses geschlossene Zugseil läuft, wie aus nebenstehender Fig. 28 hervorgeht, welche die Entladestation einer auf horizontalem Terrain befindlichen Luftseilbahn darstellt, am Ende der Bahn über eine horizontale Scheibe, deren Achse in einem Schlitten horizontal verschieblich und durch ein Gewicht *f* in der Zeichnung nach links gezogen wird; dieses Gewicht giebt dem Zugseile die erforderliche Spannung. Am anderen Ende der Bahn läuft das Zugseil gleichfalls über eine derartige Scheibe, doch ist diese in einem Bockgerüst festgelegt und je nach Beschaffenheit der Bahn mit einer Bremsvorrichtung oder einem Bewegungsmechanismus verbunden. Die Trageseile bedürfen, damit sie nicht zu sehr durchhängen und die Bewegung der Förderkasten, zumal über die Stützen hinweg, nicht hindern, wie erwähnt, gleichfalls einer Anspannung, die in der Fig. 28 durch die beiden Gewichte *b b* angedeutet ist (mittels einer Kette bei den Punkten *a a* die Trageseile anfassend). Die zu entleerenden vollen Kasten verlassen, nachdem mit Hülfe eines meist selbstthätig wirkenden Ausrückers die Verbindung zwischen ihnen und dem Zugseile gelöst wurde, das Trageseil, indem sie auf eine aufgehängte Trageschiene *g* übergehen, welche sie je nach der Örtlichkeit an die Stelle der Entladung befördert und im Bogen auf das andere, die leeren Wagen aufnehmende Trageseil zurückführt. *k k* sind Schüttrinnen, die in dem angenommenen Falle das unmittelbare Ausschütten der Kasten in Eisenbahnwagen ermöglichen. Alles Übrige dürfte aus den Zeichnungen ersichtlich sein.

Die grösste Steigung, welche mittels solcher Bahn bisher überwunden wurde, beträgt 74 Procent, das grösste Gefälle für den Transport beladener Kasten 70 Procent.

Bei einer Thalfahrt der beladenen Wagen von 8 Procent Neigung genügt meist schon das Gewicht der beladenen Wagen, um das Zugseil, dessen Stärke gewöhnlich zwischen 14 und 18^{mm} schwankt, in Bewegung zu setzen und die leeren Wagen aufwärts zu bringen. Elektrische Läutewerke oder Telephone vermitteln den Verkehr zwischen der Be- und Entladestation.

Als Beispiel einer im Dienste des Steinbruchbetriebes stehenden Luftseilbahn ist in den Figuren 29 bis 33 eine im Siebengebirge zum Transport von Basaltsteinen, Pflaster-, Schotter- und Bausteinen angelegte Bahn zur Darstellung gebracht. Ihre Länge beträgt etwa 1200^{m} und die Höhendifferenz der Endstationen etwa 146^{m}.

In der Beladestation führt die Trageschiene an die Brust des Steinbruchs heran und ein Bremsrad daselbst sorgt für die Hemmung der abwärts treibenden Förderkasten. Die Fig. 31 bis 33 zeigen die Endstation an einer Chaussee mit geneigter Lage des Trageseils. Die Kasten schütten auf eine Böschung aus und der Grundriss Fig. 32 giebt bei *A* und *B*

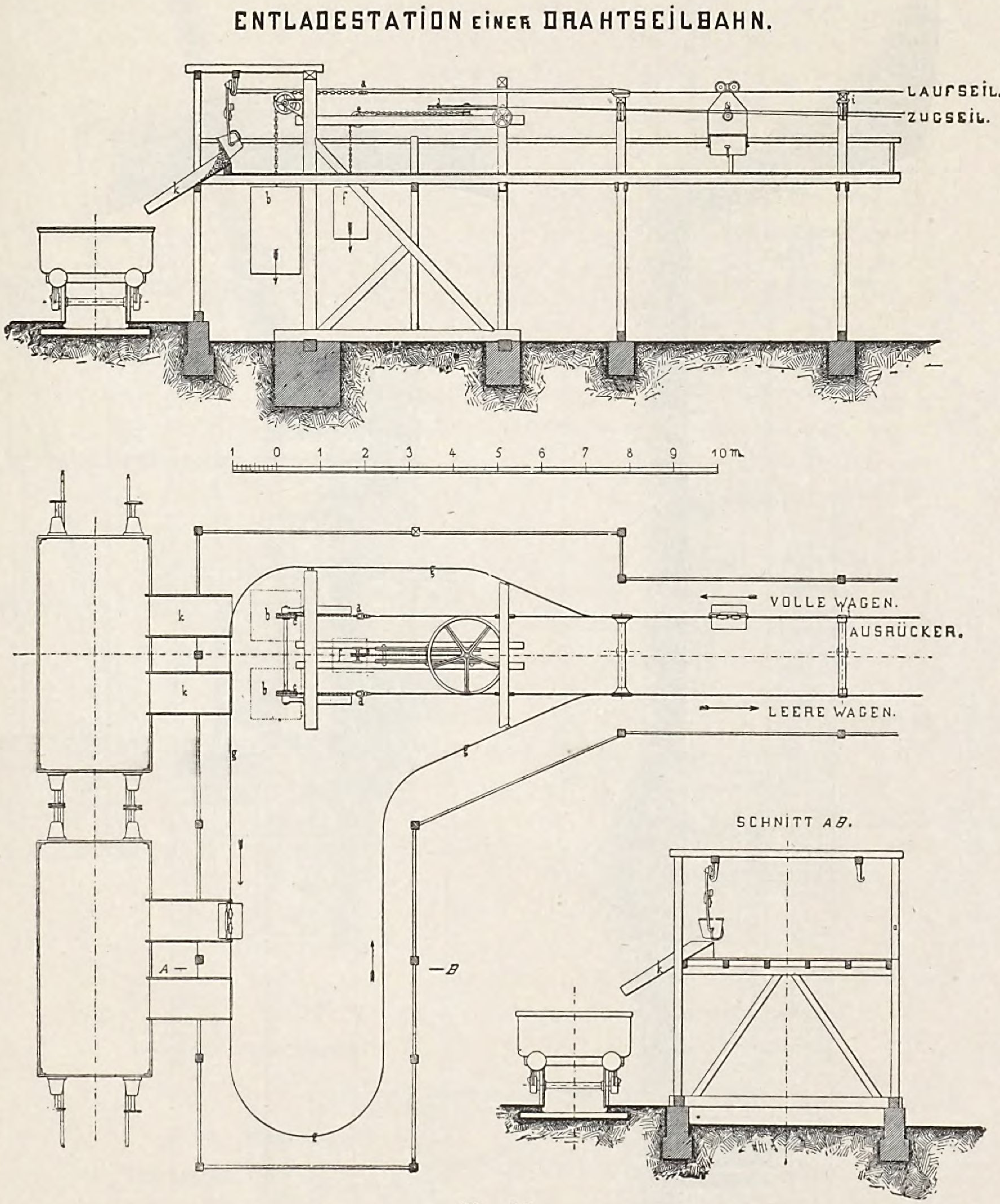
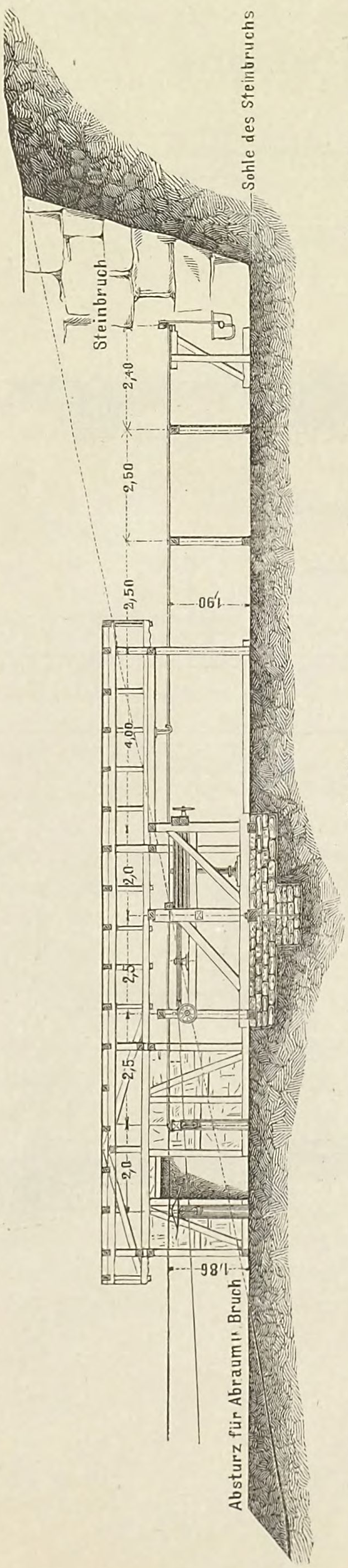
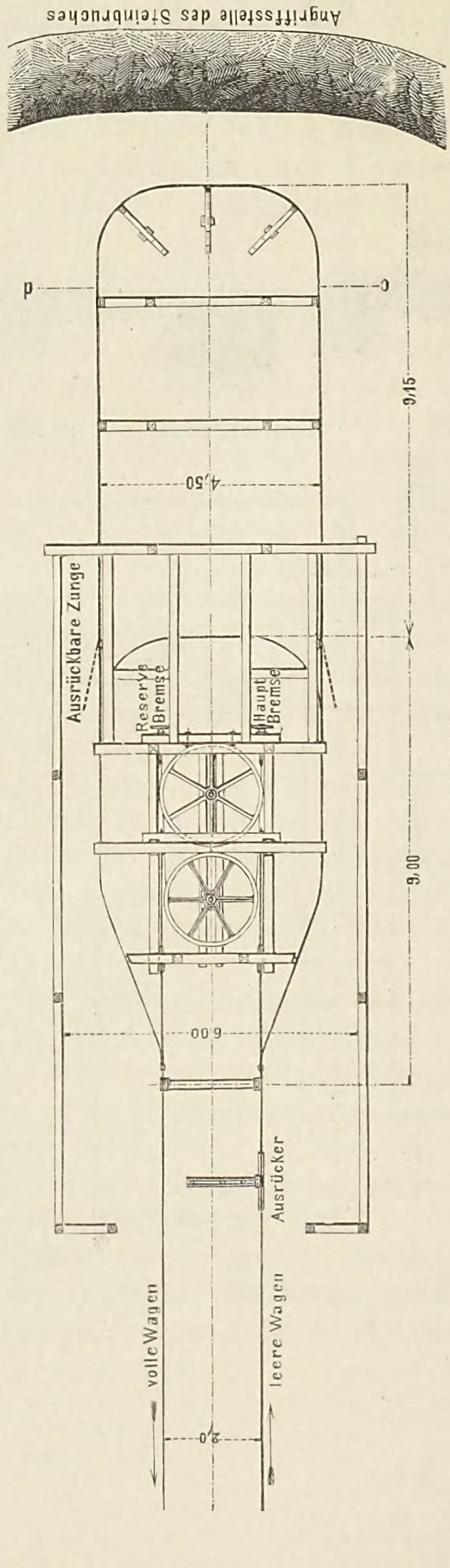

ENTLADESTATION EINER DRAHTSEILBAHN.
LAUFSEIL.
ZUGSEIL.
1 0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10m.
VOLLE WAGEN.
AUSRÜCKER.
LEERE WAGEN.
SCHNITT AB.

Fig. 28.



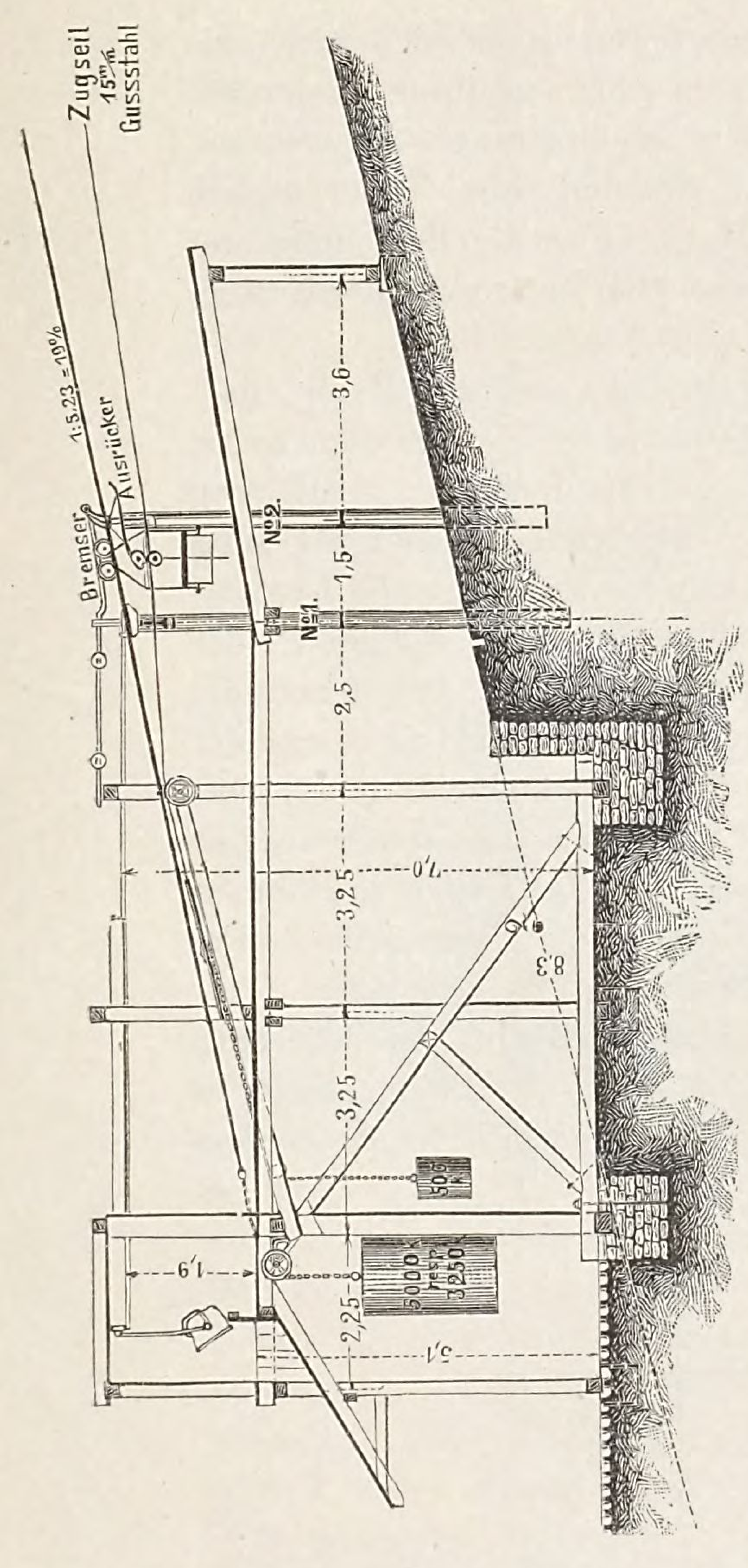
Maassstab 1/150

Fig. 29.



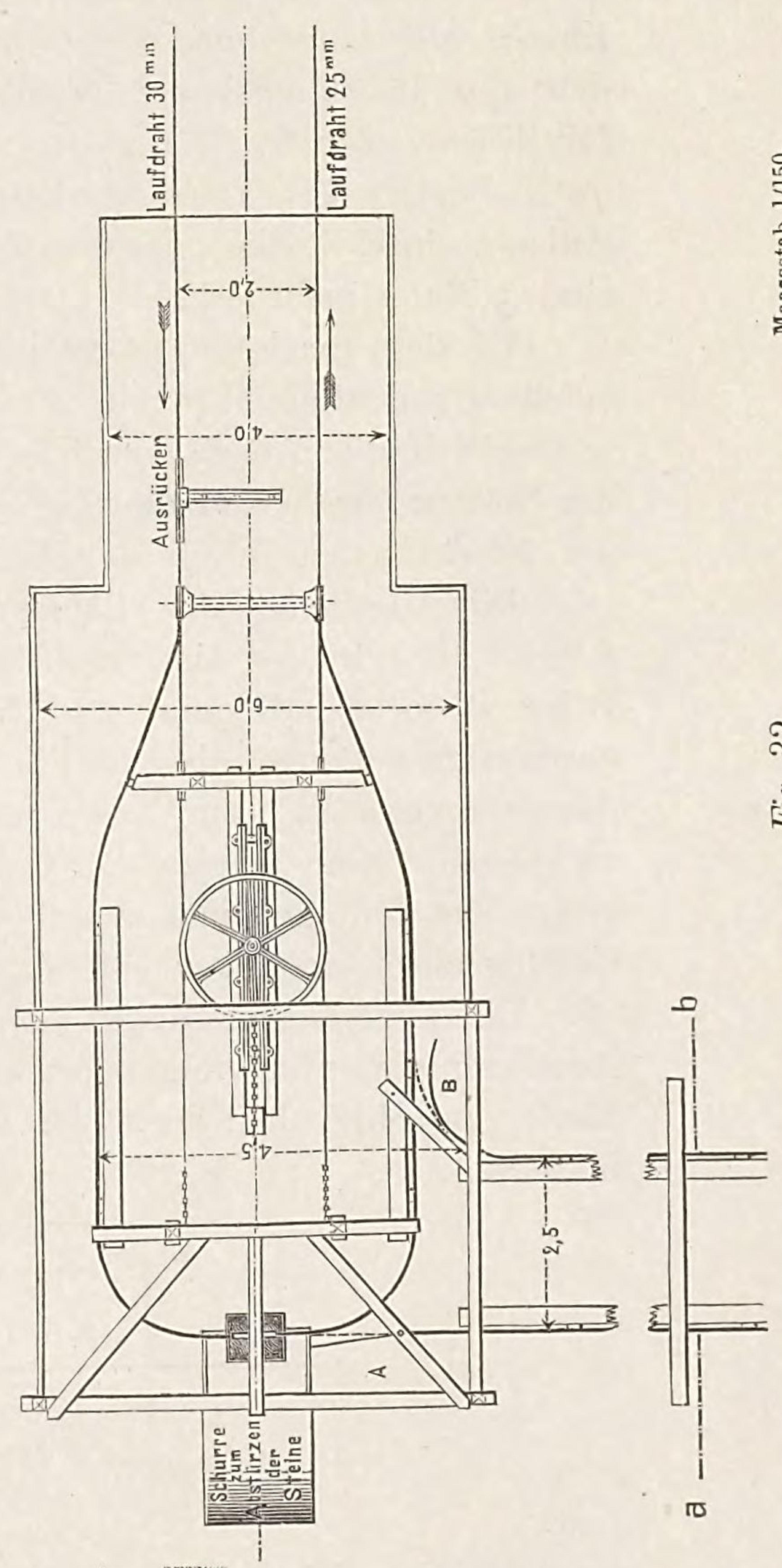
Maassstab 1/150.

Fig. 30.



Maassstab 1/150.

Fig. 31.



Maassstab 1/150.

Fig. 32.

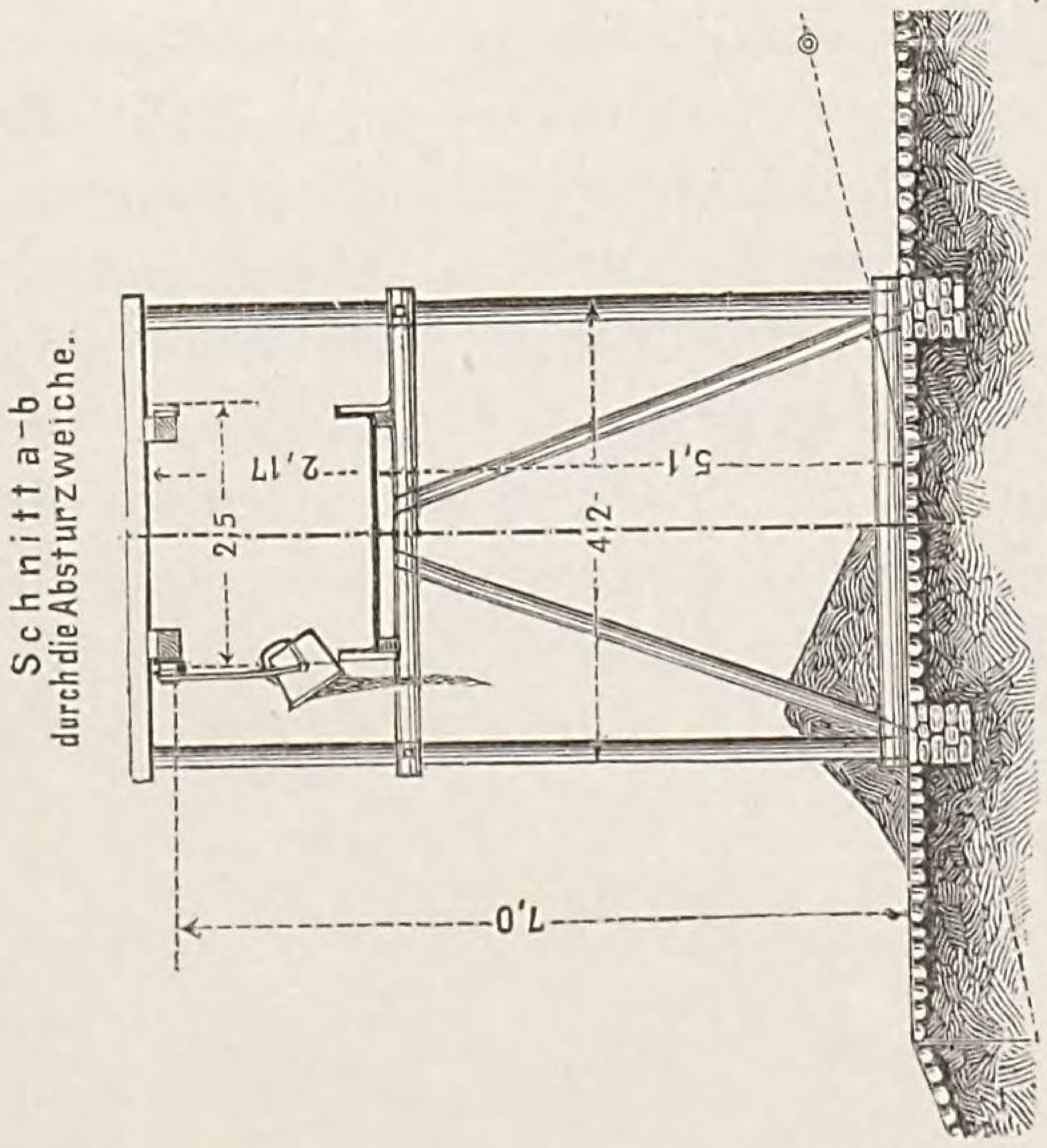


Fig. 33.

die Anordnung der Auslenkschienen, mittels deren es möglich wird, die Kasten auf kürzestem Wege der Seilbahn wieder zuzuführen oder auf den der Böschungskante parallel laufenden Seitenstrang überzusetzen. Mit Kasten von $1^1/_2{}^{hl} = 250—300^{kg}$ Inhalt wurden dort bisher täglich 70^{cbm} = etwa 125 Tons Basaltsteine gefördert. Für die Bedienung der Anlage, einschliesslich des durch Kippen bewirkten Entleerens der Kasten, sind 5 Mann erforderlich.

Es liegt nach der vorstehenden Beschreibung auf der Hand, dass solche Bahn thunlichst nur in gerader Richtung geführt werden muss, wenngleich die Anlage von Knickpunkten bei entsprechender Festlegung der Stützen gegen radialen Zug und einer Vorrichtung zur Durchführung der Förderkasten durch den Knickpunkt keineswegs ausgeschlossen ist.

Die Gradiente der Bahn braucht nicht durchweg steigend oder fallend zu sein, es sind mehrfach Anlagen ausgeführt, bei denen die Bahn abwechselnd steigt und fällt. Beispielsweise steigt sie von einer Grube der Actiengesellschaft Phönix bei Ruhrort um mehr als 100^m, fällt dann um etwa 25^m, um darauf zur Entladestation wieder um mehr als 40^m zu steigen. Eine nahezu 5000^m lange Luftseilbahn bei Časlau in Böhmen steigt und fällt zweimal zwischen den Endpunkten. Übermässig starke Gefällwechsel sind aber jedenfalls nach Möglichkeit zu vermeiden.

Die ungefähren Kosten der Anlage einer Seilbahn beschriebener Anordnung werden folgendermaassen angegeben: 1^{km} Bahn kostet in Mark, ausschliesslich der Holzgerüste und der etwa erforderlichen Fördermaschine:

Länge in km	Tägliches Förderquantum		
	50 Tons	250 Tons	
0.25	16.500	20.300	Kosten von 1^{km} Bahn in Mark.
1.00	10.750	14.250	
10.00	9 400	13.300	

Für die Holzgerüste und deren Aufstellung sind in ebenem Terrain auf 1^{km} Bahn 1250 — 3000 Mark zu rechnen. Die Baukosten werden wesentlich von den Entschädigungssummen abhängen, welche an die Besitzer des überschrittenen Terrains zu zahlen sind.

Vergleicht man die Luftseilbahnen mit den anderen Beförderungsarten, bei denen die Förderkasten als Wagen auf Doppelschienen laufen und durch Menschen, Pferde, Locomotiven oder Kabelzug vorwärts bewegt werden, so liegt ein Hauptvorzug der ersteren in der durch sie erreichten Verminderung der Zugkraft bei gleicher Neigung der Bahn. Alle gewöhnlichen Arbeitsgeleise sind in grösserem oder geringerem Grade

einer Beschmutzung ausgesetzt; ausserdem gerathen die Wagen bei der Fortbewegung auf Doppelschienen unvermeidlicherweise in eine schlänkernde mit Stosswirkungen aller Art verbundene Seitenbewegung, die sich auf den weniger sicher zu lagernden Schmalspurbahnen besonders auffällig bemerkbar macht. Durch Beides wird der Widerstand gegen Fortbewegung und die Abnutzung der Bahnwagen vergrössert und beides kommt bei den Luftseilbahnen in Fortfall.

Des Vortheils, von der Bildung der Erdoberfläche unabhängiger zu sein, war schon gedacht worden, und auch die geringeren Baukosten werden in vielen Fällen für die Luftseilbahnen sprechen, ganz besonders dann, wenn die Anlage gewöhnlicher Geleise durch Erbauung von Brücken über Wasserläufe oder Eisenbahnen erschwert wird.

Weniger verwendbar ist die Luftseilbahn dann, wenn untheilbare Stücke sehr erheblichen Gewichts, grosse Platten, Bausteine oder Ähnliches befördert werden müssen, ferner wird ihre Anlage auf felsigem Boden etwas unbequemer, auch erfordert sie eine gewisse Längenausdehnung, da die Anlage sonst zu kostspielig ist. Ein Nachtheil liegt ferner darin, dass die Geleise im Steinbruche nicht so leicht verschieblich sind wie die gewöhnlichen Arbeitsgeleise, doch sucht man letzterem Übelstande neuerdings dadurch zu begegnen, dass man die Förderkasten im Steinbruche einzeln oder zu mehreren auf kleine Wagengestelle setzt, welche auf Arbeitsgeleisen weiter bewegt werden. — Das Zugseil befindet sich, wie beschrieben war, in fortlaufender Bewegung und die Förderkasten werden mit demselben durch Klemmvorrichtungen verbunden oder durch kleine auf das Seil fest aufgezogene Cylinder mitgenommen. Man hat einen Missstand darin bemerkt, dass das Seil durch die zum plötzlichen Antreiben der schweren Förderkasten erforderliche Kraftäusserung eine starke Abnutzung oder Reckung erleidet; es ist mit Sicherheit zu erwarten, dass man diesen geringfügigen Übelstand zu beseitigen verstehen wird, sei es durch Anwendung eines federnden Zwischengliedes oder dadurch, dass man den Förderkasten durch eine Art von Ablaufbahn in eine der Richtung des Zugseils entsprechende Bewegung versetzt, welche den Widerstand gegen die Mitnahme des Kastens vermindert. Man wird sich keinem Trugschlusse hingeben, wenn man den Luftseilbahnen einen grossen Einfluss auf die Entwickelung des Transportwesens im Allgemeinen und der Steinbruchindustrie im Besonderen voraussagt.

Nachdem im Vorangegangenen eine Besprechung der in Steinbrüchen und bei deren Anschlusse an Hauptverkehrswege vorkommenden oder zu empfehlenden Förderungseinrichtungen gegeben, sei der Gewinnungsart der Steine im Bruche selbst und der Zurichtung der Pflastersteine, Platten und Schottermaterialien gedacht.

Nur weichere oder sehr stark zerklüftete Gesteine werden durch Lösen mittels Keilen gewonnen, die meisten Strassenbau-Gesteine durch Sprengen aus dem Felsen gebrochen oder aus ihrem Lager gehoben. Als Sprengmittel wird fast durchgehend Pulver bevorzugt, da es eine weniger zertrümmernde Wirkung äussert als Dynamit.

Die Anbohrung erfolgt fast überall durch Handarbeit mittels gewöhnlicher Kreuzbohrer; die Kulmiz'schen Granitwerke in Schlesien verwenden einen Handbohrer mit z-förmiger Schneide, der den äusseren Rand des Bohrloches schneller frei bohren soll. Wo Maschinenkraft zur Verfügung steht, wurden Versuche mit Bohrmaschinen gemacht; unter diesen haben sich die mit comprimirter Luft getriebenen Maschinen am besten bewährt, da die Spannung der Luft auf weite Entfernungen geleitet werden kann, während Dampfleitungen durch Abkühlung an Druck verlieren. Die Bohrmaschine hat in Steinbrüchen, in denen es sich meist um lothrechte oder schräge, seltener um horizontale Bohrlöcher handelt, die Gestalt eines Dreibocks mit gelenkigen Stützen angenommen, wie aus der Fig. 34 ersichtlich ist. — Das Lösen der Schüsse geschieht in allen grösseren Brüchen während der Arbeitsunterbrechungen, also insbesondere Mittags und Abends, da andernfalls zu grosse Gefahr oder Störung für die im Bruche arbeitenden Leute eintreten würde.

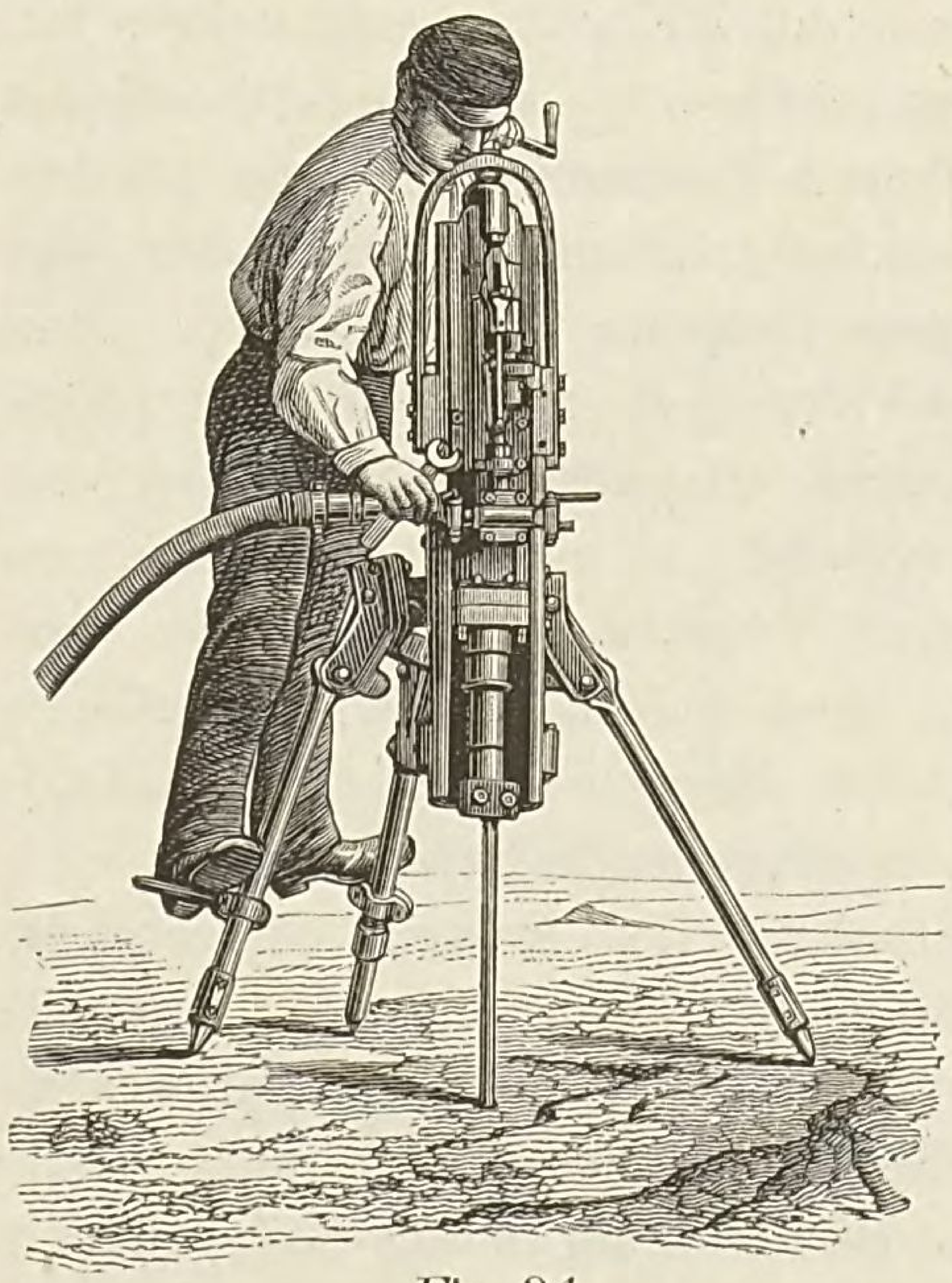


Fig. 34.

Nicht überall wird durch Ausstecken rother Fahnen, Trompetensignale u. A. mit ausreichender Vorsicht verfahren. Der Grund liegt darin, dass die Steinbrüche nicht unter dem Berggesetze stehen, also nicht der zeitweiligen Aufsicht höherer Bergbeamten uuterworfen sind. Es ist nicht anzunehmen, dass Letzteres als ein Druck empfunden werden würde. Im Gegentheile würden die Steinbruchbesitzer bei derartigen dienstlichen Besuchen manche gute Lehre hinsichtlich der Art des Abbaues erhalten können und sie sind anderseits vor willkürlichen und aus Unkenntniss gegebenen, daher zuweilen ganz verkehrten Vorschriften der jetzt zuständigen Amtsvorsteher und Landrathsämter geschützt.

Die durch Sprengung gelösten Stücke werden auf verschiedene Art weiter zerkleinert. Zeigt das Gestein eine merkbare Schichtung, so

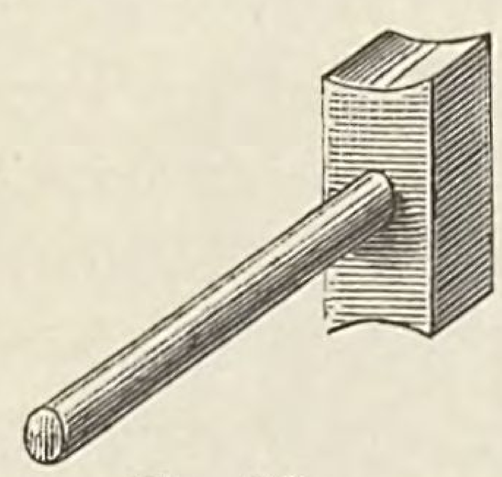
zerlegt man es wohl dieser Schichtung entsprechend mittels schwerer Hämmer in kleinere Stücke, andernfalls wird dies durch ein »Keilen« oder »Abtreiben« besorgt, d. h. man setzt nach der Linie, in welcher der Stein zerlegt werden soll, in passenden, von der Härte des Gesteins abhängenden Abständen (10—25^{cm}) in vorher eingehauene Schlitze von der Tiefe einiger Centimeter Eisen- oder Stahlkeile, die sich nicht selbst, sondern mittels Futterblechen gegen die Seitenflächen des eingehauenen Schlitzes lehnen und beim Antreiben mittels Hämmer eine auf Trennung des Gesteins wirkende Spannung äussern. Der Schlitz ist so tief zu hauen, dass die Keile seinen Boden nicht berühren. Diese Keile werden der Reihe nach vorsichtig und so lange angetrieben, bis sich ein Haarriss zeigt und demnächst die Trennung des Blockes erfolgt. Die abgelösten Stücke werden dann in gleicher Weise weiter behandelt und die kleineren darauf durch Hohllegen und Hammerschläge zertrümmert oder durch sogenanntes »Ritzen« und Bearbeiten mit dem Hammer zerkleinert. Das Ritzen besteht darin, dem Steine auf einem Theile seines Umfanges oder auch auf seinem ganzen Umfange in der Linie, nach welchem er brechen soll, durch Bearbeiten mit der scharfen Kante eines Hammers oder eines Stahlmeissels eine feine, wenige Millimeter breite und tiefe Rinne zu geben. Wird er dann in der Weise hohl gelegt, dass er als Balken auf zwei Stützen oder auf einer Mittelstütze mit überragenden Enden ruht und mit schweren Hammerschlägen bearbeitet, so fällt er meist genau nach der Linie der Ritzung auseinander; es erklärt sich dies unschwer dadurch, dass die unter dem Schlage des Hammers und der daraus sich ergebenden elastischen Schwingung auf Zug beanspruchte Steinseite, dort zuerst ihren Zusammenhalt verliert, wo der Stein durch die Ritzung geschwächt worden ist. Inwieweit die Bruchfläche eine ebene ist, hängt neben der Geschicklichkeit des Arbeiters von der Bildung des Gesteins (ob von gleichmässigem oder ungleichmässigem Gefüge), aber auch von seiner Härte und Zähigkeit derart ab, dass die zäheren Gesteinsarten die ungünstigeren Bruchflächen geben. Unter allen Graniten sind in dieser Beziehung die schlesischen Gesteine die willfährigsten.[1] Die Bänke liegen ganz oder annähernd horizontal; nachdem sie durch einen Pulverschuss, dessen Loch senkrecht zum Lager der Bank steht, vom Lager gelöst worden, werden, beispielsweise eine Gewinnung von Würfelsteinen vorausgesetzt, Streifen von der doppelten Stärke der Würfel, also etwa 40^{cm} Stärke, mittels Keilen abgetrieben und diese Streifen durch »Ritzen« und Hammerschläge bis zur Grösse der Würfel weiter zerkleinert. Der Granit bricht dabei so gut, dass oft ganze Flächen der Würfel einer »Bearbeitung« nicht bedürfen. Die

[1] Der Granit von Mauthhausen lässt eine ähnlich leichte Bearbeitung zu.

Würfel können daher dort gleich im Bruche fertig gemacht werden. Handelt es sich dagegen um eine Gewinnung von Platten, so werden zunächst grosse Stücke der horizontal gelagerten Bänke durch Schiessen und Abtreiben freigelegt und die einzelnen Platten daraus durch horizontales Ansetzen der Keile, also Bildung einer Horizontalfuge gewonnen. Man nennt das Ablösen der Platten senkrecht zur natürlichen Lagerfläche des Gesteins »Spalten«, parallel zur Lagerfläche dagegen »Reissen«. Die Platten kommen vollkantig oder wenigstens nahezu vollkantig aus dem Bruche, werden aber gewöhnlich zur Verminderung des Transport-Gewichtes und -Preises soweit »unterschlagen«, dass sie am Rande nahezu keilig auslaufen. Die Bauverwaltungen sollten die Abnahme übermässig unterschlagener Platten verweigern. Es kann bei den Vorzügen vollkantiger Platten auf die geringen Mehrkosten am Transporte nicht ankommen, und sollte man sich lieber mit einer geringen Stärke vollkantigerer Platten begnügen.

Erwähnt sei noch, dass in einigen Sandsteinbrüchen das Reissen der Platten dadurch besorgt wird, dass man die frisch gebrochenen Steine der Einwirkung der Sonne aussetzt, wobei die natürlichen Lagerrisse des Gesteins sichtbar werden.

In denjenigen Brüchen, welche ein weniger willfähriges Material zeigen, bleibt dem Hammer ein gut Stück Arbeit übrig, aus den durch Zerkleinerung grosser Blöcke gewonnenen Stückchen Pflastersteine oder Platten regelmässiger Gestalt zu bilden. Man bedient sich dazu in den meisten Brüchen nach Fig. 35 eines Stahl- oder wenigstens gut gestählten Hammers von etwa 3.5^{kg} Gewicht mit kurzem Stiele und quadratischem Querschnitte, dessen Endflächen cylindrisch oder flach keilförmig ausgearbeitet sind, um eine für den Schlag wirksamere weniger als rechtwinkelige Kante zu haben.


Fig. 35.

Die Benennung dieses Hammers ist sehr verschiedenartig: Zuschlaghammer, Putzmeissel, Doppelhaue, Richthammer, Noppeisen, Kipperhammer u. A. In einzelnen Brüchen, z. B. in Wildemann im Harze, findet man gewöhnliche Fäustel mit quadratischen Endflächen, an anderen Orten, z. B. in Gommern bei Magdeburg, sogenannte »Finnhämmer« oder »Schneidehauen« mit einer in der Richtung des Stiels liegenden Schneide. Zuweilen findet auch das Spitzeisen beim Nacharbeiten der Flächen Anwendung.

Man pflegt die Arbeit des Brechens und rohen Zurichtens der Steine von dem Fertigmachen derselben durch Hammerarbeit, dem sogenannten »Ausmachen«, zu trennen und letztere Arbeit ausserhalb des eigentlichen Bruches vornehmen zu lassen. Man findet in den bayerischen Brüchen dafür besondere »Haubänke«, d. h. aus Steinpackung gebildete Gestelle in Form langer, etwa 1^m hoher, leicht überdachter Tische, an denen die

durch Brettwände von einander getrennten Arbeiter das Zuhauen der Steine in stehender Stellung besorgen. Obgleich aber die Arbeit des Brechens und »Ausmachens« in dieser Weise räumlich getrennt wurde, ist es doch Brauch, die im Bruche mit dem Zurichten der Steine und die ausserhalb desselben mit dem Ausmachen beschäftigten Arbeiter in gemeinschaftlichen Accord zu stellen. Nur dadurch nöthigt man die im Bruche Arbeitenden zur Erzeugung möglichst vieler brauchbarer Stücke für höhere oder geringere Pflasterklassen und zur Vermeidung zu grosser Massen von Abfall. Die Abnahme erfolgt nach der Stückzahl der fertigen Steine und je nach der Classe, in welche dieselben bei der Abnahme eingeordnet werden. Dagegen pflegen die meisten Brüche das Lösen des Gesteins (durch Schiessen) für eigene Rechnung durch besondere Leute ausführen zu lassen. Bei dem grossartigen Betriebe der Steinbrüche von Quenast bei Brüssel mit einem Arbeiterstamme von 2200 Mann würde ein Zusammenarbeiten der Leute in und ausserhalb der Brüche nicht thunlich sein, man nimmt daher die roh zugerichteten Steine im Bruche nach Stückzahl ab und lässt sie durch andere gleichfalls in Accord stehende Leute auf den Verladequais nacharbeiten.

Das Zuhauen der Pflastersteine erfordert eine erhebliche Geschicklichkeit des Arbeiters sowohl hinsichtlich der Stellung, welche dem Steine unter dem Schlage zu geben ist, als auch hinsichtlich der Führung des Hammers. Es ist eine in den Steinbrüchen bekannte Thatsache, dass die Arbeiter bei gleichem Gesteine, gleichem Fleisse, gleicher Arbeitszeit und gleicher Güte der Arbeit Steinmengen fertig machen, welche auch dann bis zu 50 Procent von einander abweichen, wenn die sämmtlichen Arbeiter bereits jahrelange Übung im Zurichten von Steinen besitzen. Das Zurichten eines Steines erfordert Geschicklichkeit der Hand und Übung des Auges, und in diesem Sinne lässt sich über die Berechtigung der Forderung, auch diese Handarbeit durch Maschinenarbeit zu ersetzen, streiten. Thatsache ist, dass alle Versuche nach dieser Richtung bisher missglückten; die Sache ist besonders auch deshalb schwierig, weil es nicht Aufgabe des Schlägers ist, aus den Steinstücken stets das gleiche Steinformat zu gewinnen; er hat vielmehr ganz nach der zufälligen Gestalt des Steinbrockens einen Stein der einen oder anderen Gattung zuzuhauen. Wenn Maschinenarbeit überhaupt in Frage kommen soll, dann ist dieselbe nur in der Art zu denken, dass die grossen Blöcke durch Spaltmaschinen oder unter einer Art von Säge in rechteckige Stücke zerlegt werden; nun ist aber die Härte der Strassenbaumaterialien eine so bedeutende, dass von den bekannten Sägearten nur eine Diamantsäge Erfolg versprechen kann, alle Versuche aber, welche bisher mit solchen

Sägen und anderen Spaltvorrichtungen angestellt wurden,[1] bezogen sich auf das Zerschneiden weicherer Gesteinsarten und die Ergebnisse waren auch dabei nicht immer befriedigend. Vielleicht, dass es gelingt, eine Art von Dynamitsäge herzustellen, in der Art wirkend, dass ein dünner fadenartig über den Stein gelegter Streifen Dynamit zur Entzündung gebracht wird und eine Sprengwirkung geringsten Umfanges zunächst nur auf die Oberfläche des Steins in der Richtung des Dynamitfadens ausübt. Ist auf diese Art eine Rille weniger Millimeter Tiefe geschlagen, so würde ein zweiter ähnlicher Faden die Rille vertiefen und so nach und nach ein vollständiges Durchschneiden des Gesteins möglich machen.

Nicht unerwähnt darf bleiben, dass in einem Steinbruche für Pflastersteine bei Marcoussis, 25^{km} südöstlich von Paris, ein Dampfhammer von 560^{kg} zum Herunterbrechen grosser Stücke von der Felswand und zum Spalten der Steinblöcke benutzt wird. Die Blöcke werden dort nicht an den Dampfhammer herangeschafft, vielmehr kommt dieser zu den Blöcken. Das Gestein, ein fester Sandstein, wird in einem lang fortlaufenden in das Terrain hineingetriebenen Schlitze gebrochen. Ein Laufkrahn von 18^{m} Spannweite ruht mit Rädern auf beiden Rändern dieses Schlitzes; an ihm hängt der Dampfhammer, der unten die Gestalt eines Stossmeissels hat. Die Schläge des Hammers lösen willkürlich grössere oder kleinere Blöcke vom Felsen ab, die auf die Sohle des Bruches fallen und dort abermals mit dem Dampfhammer oder mit der Hand weiter zerkleinert und zu Pflastersteinen zugerichtet werden. An dem Gerüste des Laufkrahns hängen mehrere geneigte Ebenen, auf denen einestheils die Pflastersteine aus dem Bruche, anderentheils der Abraum in kleinen auf Schienen laufenden Wagen mittels endloser Seile gefördert werden.

Das Werk von Sganzin-Reibell »*Programme au Résumé des Leçons d'un cours des Constructions*«, Paris 1867, giebt in seinem ersten Theile (*Matériaux de Construction*) Abbildung und Beschreibung der nur für ähnliche örtliche Verhältnisse nachahmenswerthen Anlage.

Das für Pflastersteine nicht geeignete Material wird entweder als Abfall beseitigt oder zu Schotter zerkleinert. Nur die härteren Gesteinsarten finden als Schotter guten Absatz, dagegen sei erwähnt, dass der kleinere Gruss auch weicherer Gesteine sehr vortheilhaft als Fugenfüllung auf Chausseen eingewalzt werden kann und dass dies beispielsweise in den Rheinlanden in ziemlich erheblichem Umfange mit Trachytgruss auf Basaltchausseen geschieht.

[1] Man findet eine Veröffentlichung über Diamantsägen in Dingler's Polytechnischem Journale 1878 Bd. 228, ferner die Beschreibung einer Steinstemmmaschine, um breite Rillen mit Hülfe schwerer Fallmeissel einzuschlagen, in demselben Journal 1878 Bd. 229, auch sei auf die Patentschriften Nr. 719, 5043, 8422, 12332 aufmerksam gemacht, welche sich mit Steinbearbeitungsmaschinen beschäftigen.

Die Herstellung des Steinschlages erfolgt auffallender Weise in den Brüchen noch meist mit der Hand oder die Bruchsteine werden als solche vor der Zerkleinerung an die Wegebauverwaltungen abgegeben, welche ihrerseits das Zerkleinern besorgen. Mit ziemlicher Sicherheit ist zu erwarten, dass eine grössere Anzahl Steinbrüche die Schotterfertigung in Zukunft durch Aufstellung von Steinbrechern selbst besorgen werden, besonders diejenigen, welche ohnehin den Bruchbetrieb durch Aufstellung einer Maschine für Förderungszwecke zu verbessern genöthigt sind. Wenngleich die Handarbeit unstreitig einen besseren Schotter als die Steinbrecherarbeit liefert, ist der Unterschied doch nicht gross genug, um den in vielen Fällen recht erheblichen Preisunterschied zwischen dem auf die eine oder andere Art gewonnenen Schotter zu rechtfertigen.

Von Steinbrecherconstructionen wurden bis jetzt diejenigen nach Blake's Anordnung mit um Horizontalachsen drehbaren Brechbacken am meisten bevorzugt; dieselben werden in Deutschland von mehreren Fabriken[1] in trefflicher Weise gefertigt. Mehrfache Vorschläge zu anderweitigen Anordnungen haben gegen diese Maschinen nicht in nennenswerther Weise aufzukommen vermocht.[2]

Die mit den Steinbrechern zumeist verbundenen Siebevorrichtungen sondern das zerkleinerte Gestein nach verschiedenen Grössen; das nicht durch die Siebe fallende Material wird dem Brecher von Neuem zugeführt; das für Schotterung zu kleine Material kann als Bettung der Eisenbahnen sehr vortheilhafte Verwendung finden, während der Gruss sich zur Befestigung von Fusswegen eignet.

Die Fig. 36 bis 39 zeigen die grossartige Steinbrechanlage in den belgischen Brüchen bei Quenast. Die beladenen Förderwagen gelangen mittels des bereits besprochenen Kettenzuges über eine Brücke auf das Dach des Gebäudes, und schütten das Gestein dort mittels Trichter in die Steinbrecher, aus welchen es in die schrägliegenden Siebetrommeln fällt. Letztere sondern den Bruch nach verschiedenen Grössen und lassen ihn in Trichter fallen, aus welchen er bei Anziehen der Hebel *a*, *a* in die Eisenbahnwagen gelangt. Eine eingehendere Besprechung dieser Anlagen bleibt einer grösseren Veröffentlichung vorbehalten.

[1] Georgs-Marien-Hütte in Osnabrück, H. Gruson in Buckau-Magdeburg, Brinck u. Hübner in Mannheim u. A., in England H. R. Marsden, Soho Foundry, Meadow Lane, Leeds.

[2] Veröffentlichungen über Steinbrecher finden sich: Zeitschrift des Hannoverschen Ing.- u. Arch.-Vereins 1864, 1865, 1871, Wochenschrift des Vereins Deutscher Ingenieure 1880, Deutsche Bauzeitung 1872 und 1883, Portefeuille Économique des machines 1877 und 1880, New-Yorker »Techniker« 1881, Iron monger 1883; die vorbezeichnete Fabrik von H. R. Marsden bei Leeds fertigte auch eine Vereinigung von Steinbrecher und Dampfwalze (siehe den illustrirten Catalog der Fabrik).

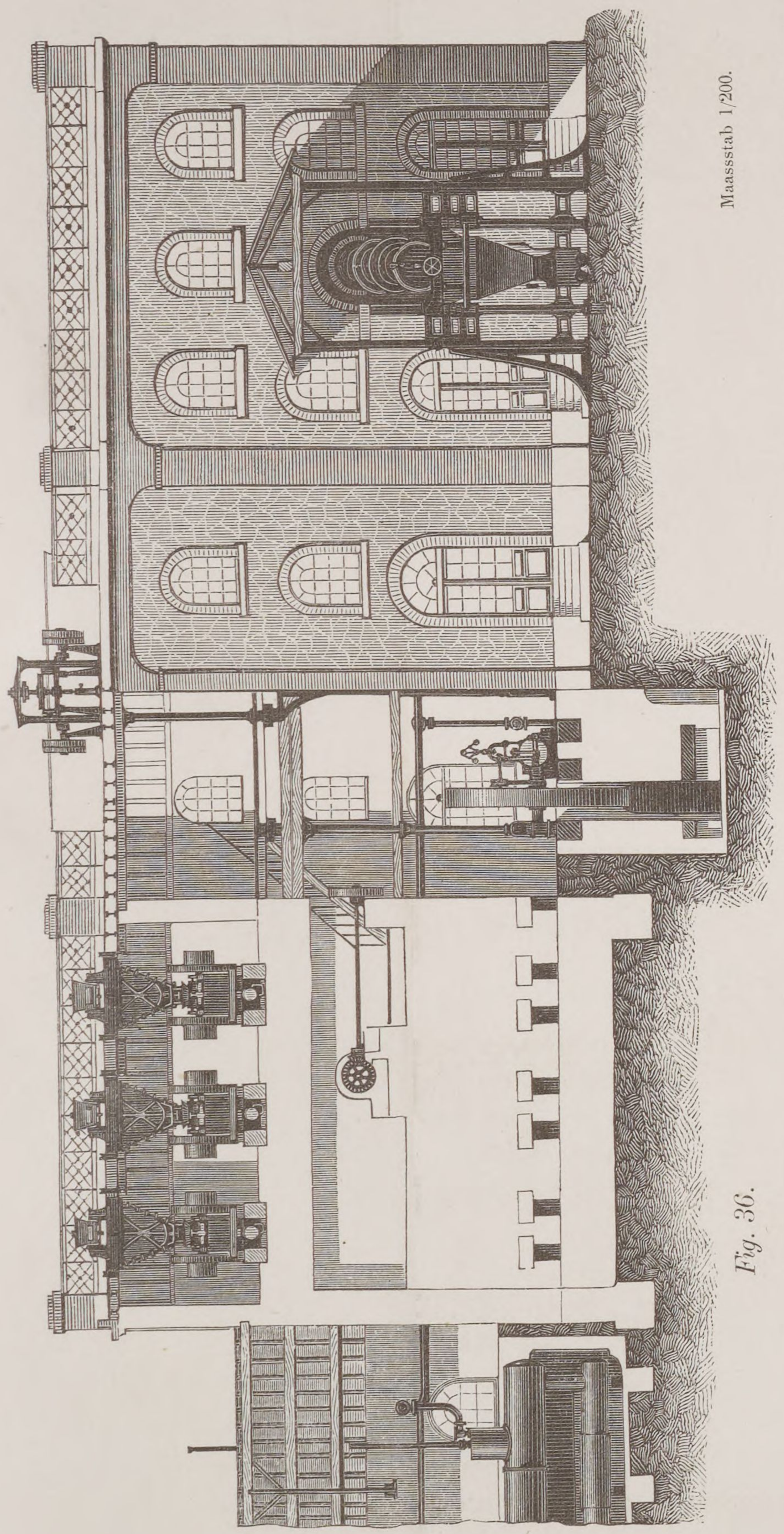


Fig. 36.

Maassstab 1/200.

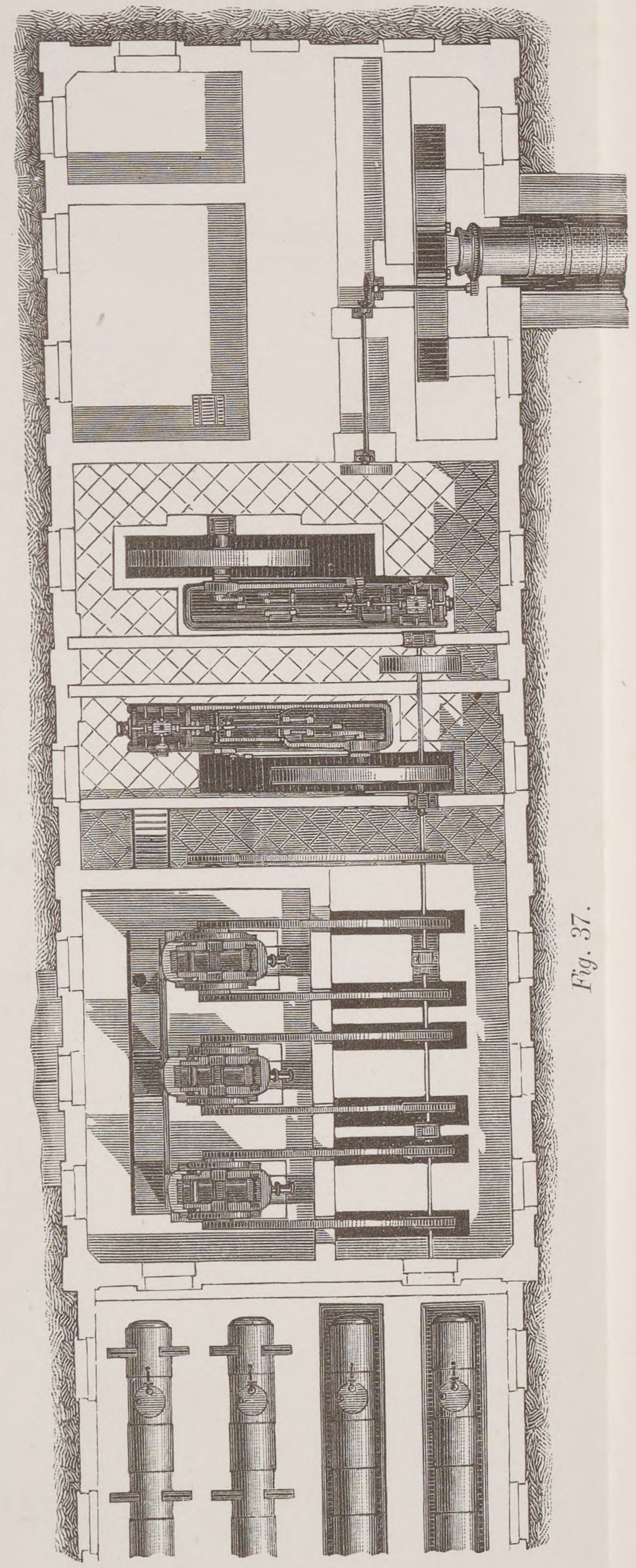


Fig. 37.

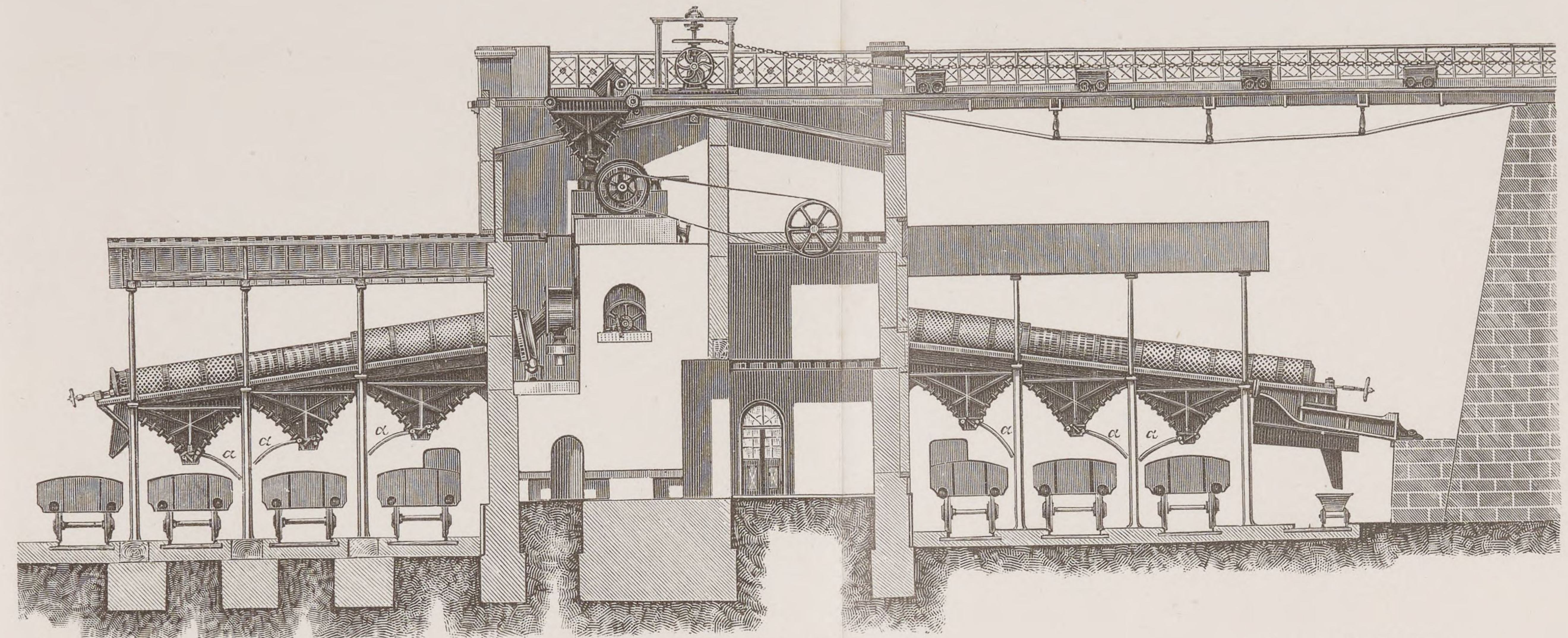


Fig. 38.

Maassstab 1/200.

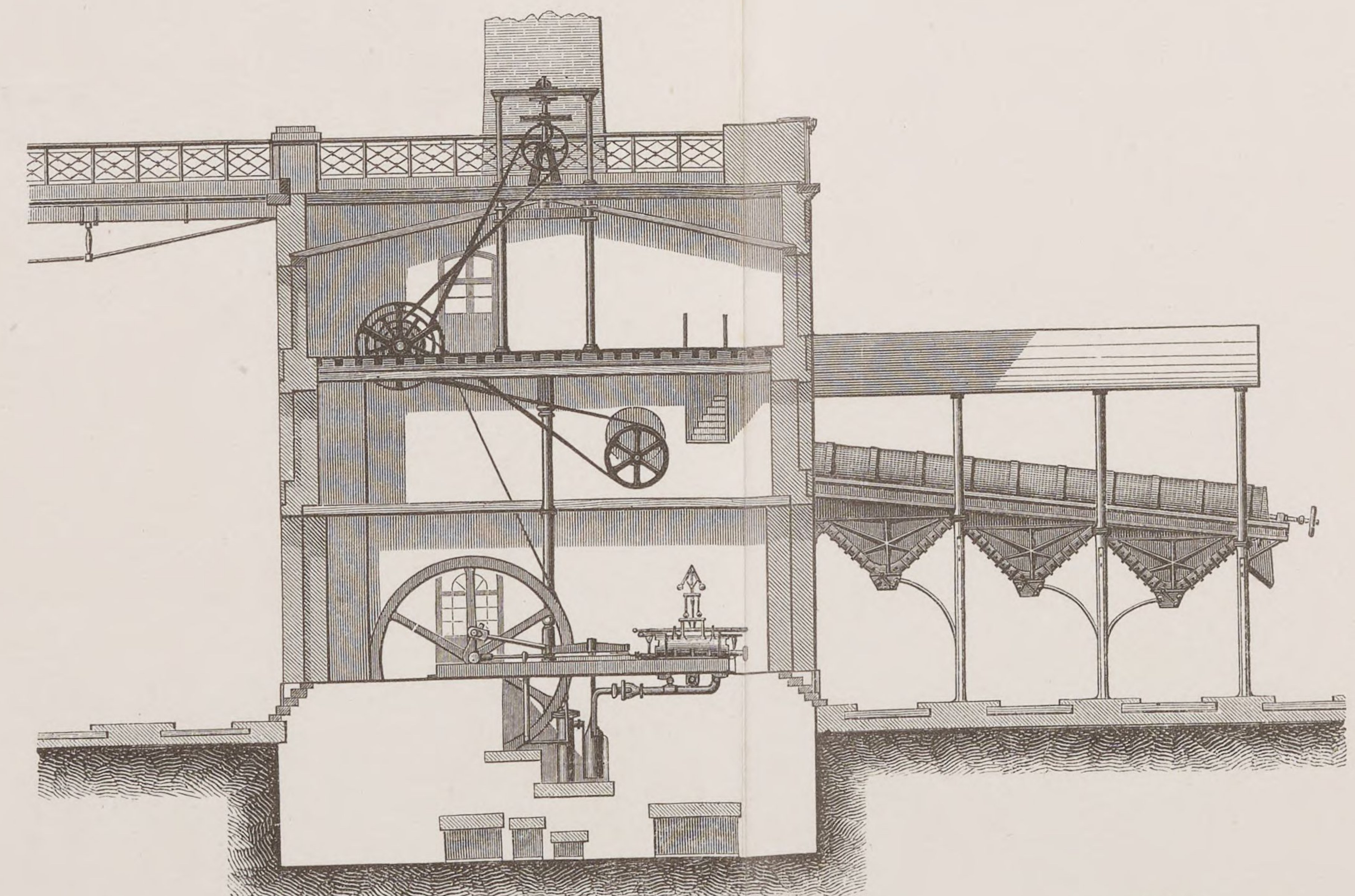


Fig. 39.

Maassstab 1/200

Der Ursprung des Backsteinbaues in den baltischen Ländern.

Von Friedrich Adler.

Der aus dem Oriente stammende aber erst von den Griechen und Etruskern bedeutsam entwickelte Backsteinbau ist durch die Herrschaft der Römer nach Deutschland gelangt. Den Germanen war diese praktische Bauweise fremd, wie Tacitus (Germania c. 16) meldet; er stellt ihr die Struktur mit unbehauenen Baumstämmen als die nationale gegenüber. Seine Angabe wird durch die aus langjährigen Forschungen gewonnene Thatsache bestätigt, dass nur innerhalb der durch den Nieder-Rhein, den Grenzwall und die Donau bezeichneten Reichsgrenzen Ziegelbauten gefunden werden, deren römischer Ursprung ausser Zweifel steht, während in dem inneren Deutschlande gleiche Reste aus alter Zeit vollständig fehlen. Für den verwöhnten Südländer war im nordischen Klima der Ziegel unentbehrlich; ohne denselben gab es weder Heizung und Rauchleitung noch schwebende Fussböden. Der römische Ziegel ist daher noch heut ein vollgültiger Vertreter der römischen Kultur; wo er aufhört, lag einst das freie Deutschland mit seinen Urzuständen.

Fünfzehn Jahrhunderte haben unter jenen römischen Werken grausam aufgeräumt, dennoch ist ein hinreichendes Material vorhanden, um über zweckmässige Form, passende Grösse und technische Vollendung der Bodenfliesen, Rauch- und Wasserröhren, Vollziegel, Dachsteine und feineren Architekturdetails sicher zu urtheilen. In unsere Bewunderung mischt sich freilich das Mitleid, wenn wir sehen, dass gerade die Güte der Ziegel der Nagel zu ihrem Sarge geworden ist. Schonungslos hat man sie von den Hochbauten abgerissen oder diese bis zum Erdboden abgetragen, um das unverwüstliche Material wieder zu benutzen. Wie oft dieser Process sich wiederholt haben mag, weiss niemand, aber das Resultat steht fest: nur ein verschwindend geringer Bruchtheil römischer Ziegelbauten hat über der Erde sich erhalten.

Trier bewahrt wie in einem Spiegelbilde aus der letzten Epoche der Cäsarenherrschaft die werthvollsten Bauwerke. Es sind entweder reine Backsteinbauten wie die sogenannte Basilika oder gemischte d. h

solche, deren Mauern aus abwechselnden Schichten von Kalk- bezw. Sandsteinen mit Ziegeln bestehen wie der Kaiserpalast, die Thermen bei St. Barbara, der grosse Viersäulensaal als Kern des Domes u. A. Die gleiche oder ähnliche Technik erscheint sodann in den Überresten zahlreicher Villen an der Mosel und Saar, grosser Gutshöfe wie einsamer Waldhäuser derselben Distrikte bis zur Eifel hinauf; sie fehlt nicht in den Thermen rechtsrheinischer Badeörter, in den Kastellgebäuden des Grenzwalles und kehrt in den vielen Flecken und Ansiedlungen im Zehntlande, in Rhätien und Norikum wieder.

Auch die fränkische Epoche hat den vielbewährten Backsteinbau noch festgehalten, freilich weder in dem früheren Umfange noch mit ebenbürtigen Resultaten. Die wichtigsten Reste aus dieser Zeit stehen in Trier und Cöln. In Trier sind es diejenigen Bautheile des Domes (Mauern, Fenster und Gurtbögen), welche Bischof Nicetius um 540 erneuert hat; in Cöln der wahrscheinlich gleichzeitige Unterbau der merkwürdigen Polygonal-Basilika von St. Gereon. Noch anderthalb Jahrhunderte später (um 690) sind in derselben Bauweise die Mauern der Stiftskirche von Pfalzel bei Trier erbaut worden, während von einer ähnlichen aber etwa 60 Jahre älteren Kapelle des Bischofs Arbogast in Strassburg 1766 nur die Ziegel wieder aufgefunden wurden. Ein wichtiger Fund, da die Inschrift auf denselben: *Arboastis eps ficet* sicher bewies, dass in jener furchtbar verwilderten, mehr zerstörenden als aufbauenden Zeit (um 630) die alte Ziegelfabrikation an gewissen Punkten noch nicht erloschen war und dass man hierauf Gewicht legte.

Ja diese antiken Traditionen haben in der Praxis noch länger fortgedauert; wir können sie bis in die karlingische Epoche deutlich verfolgen. Die von Einhard wenige Jahre nach Karl's Tode im Odenwalde gegründeten Stiftskirchen zu Michelstadt (821) und Seligenstadt (828) zeigen in ihren Strukturen ebensowohl den reinen wie den gemischten Ziegelbau und zwar sollen nach der Angabe des Auffinders von Michelstadt — Prof. Schäfer aus Darmstadt — die verwendeten Ziegel nicht römischen Ursprunges sein, sondern der Erbauungszeit entstammen. Diese werthvolle Beobachtung bestätigt einen uns erhaltenen Brief Einhard's, in welchem dieser bauerfahrene Mann bei einem wahrscheinlich in der Maingegend wohnenden Grundbesitzer oder Hofbeamten Egmunal verschiedene Ziegelsorten bestellt. Jedenfalls fabricirte man damals (um 830) am Mittel-Rheine noch quadratische Ziegel in bestimmten Formaten. In dem Hauptbaudenkmale Karl's des Grossen, im Münster zu Aachen, fehlt der Backstein vollständig, aber er ist und zwar in gemischter Strukturweise an den ältesten d. h. den östlichen Theilen der polygonalen Basilika in Nymwegen vorhanden, also an der batavischen Grenze, die

an dem Segen der römischen Kultur Theil genommen hatte und wo die Natur ganz besonders auf die fortgesetzte Pflege des römischen Ziegelbaues hinwies.

Aber auch am Ober-Rheine ist der Backsteinbau noch am Schlusse des IX. Jahrhunderts geübt worden, wie das 1842 im Chore der Münsterkirche auf der Insel Reichenau gefundene Grab Kaiser Karl's des Dicken bewiesen hat. Dasselbe zeigte sich, wie ein glaubwürdiger Zeuge berichtet, »auf dem Boden und an den Seitenwänden mit blassrothen durch Kitt (?) verbundenen Backsteinen oder Ziegelplatten ausgelegt«, vermuthlich in der gleichen Struktur, wie die Pfeiler der Einhard'schen Stiftskirchen. Derselben oder vielleicht einer etwas jüngeren Zeitepoche werden auch die beiden noch in Trier vorhandenen sehr alten Wohnhäuser (sogenannte Propugnacula), sowie ein bei S. Simeon stehendes Stiftsgebäude angehören. Bei allen diesen Bauten sind die Mauern in der gemischten Ziegelbauweise wie am Kaiserpalaste hergestellt, und zwar wie es scheint, unter erneuter Benutzung römischer Ziegel. Ob zu der vom Bischofe Ulrich (923—73) in Backsteinen erbauten Kirche S. Johann Baptista zu Augsburg, deren sehr starke Mauern aus Gusswerk bestanden und mit Ecken von Quadern eingefasst waren, das Ziegelmaterial neu angefertigt oder von älteren Bauten entlehnt worden ist, bedarf noch einer näheren Untersuchung, die den süddeutschen Fachgenossen empfohlen sein mag. Die bisherigen Berichte sind sehr unvollständig.

Von jener Epoche ab, d. h. von der Mitte des X. Jahrhunderts und über ein Jahrhundert lang, erscheint der römische Ziegel als Dekorationsmaterial in der Architektur verwendet, besonders bei niederrheinischen Tuffbauten, wo seine lebhaft rothe Farbe zu der einförmig hellgrauen Tönung der Tuffgesteine einen günstigen Gegensatz bildete. So finden wir ihn für Arkaden und Fensterbögen benutzt in Cöln an S. Cäcilien und S. Pantaleon, deren älteste Theile vom Erzbischofe Brun († 965) oder doch bald darauf herrühren; am Münster zu Bonn (Chor) und der Capitolskirche in Cöln (Langhaus), beide um 1040 erbaut; ferner an der Westfront der Dorfkirche zu Lessenich bei Bonn und endlich wie ein verspäteter Nachzügler noch am Nordkreuzflügel der Prämonstratenser-Abtei von Knechtsteden um 1135, allerdings hier nur zur Ausgleichung unregelmässiger Schichten. Aber gerade dieses sporadische und rein dekorative Auftreten altrömischen Materials innerhalb der Tuffstrukturen, sowie die Abwesenheit von ganzen Ziegelbauten, ja nur von alterthümlichen Ziegelfussböden in jenen rheinischen, durch Natursegen und alte Kulturtradition so sehr bevorzugten Distrikten zwingt zu der Annahme, dass der Backsteinbau damals — und gewiss schon seit langer Zeit —

in seiner ersten Heimat auf deutschem Boden ganz aufgehört hatte. Der Grund für diese Erscheinung liegt nahe genug. Die Herstellung eines guten Ziegels nach römischer Art war ohne reiche Erfahrung nicht möglich, sie erheischte viele Vorbereitungen und fortgesetzten Betrieb; das Produkt selbst wurde und blieb theuer. Alle diese Schwierigkeiten fielen bei dem Tuffbau fort. Das Material war massenhaft vorhanden und liess sich bequem gestalten; seiner Billigkeit wegen vertrug es selbst weite Transporte, zumal auf Wasserstrassen. Am Nieder-Rheine hat daher der Tuffbau den altehrwürdigen Ziegelbau, der in altchristlicher Zeit erwiesenermaassen noch blühte, auf viele Jahrhunderte hin verdrängt. Am Mittel- und Ober-Rheine haben es die trefflichen Quadersandsteine vom Main und Neckar, von den Vogesen und dem Hardtgebirge gethan, wenngleich wohl etwas langsamer wegen der Schwierigkeiten bei der Gewinnung und Verarbeitung des Materials. Dass man in dieser Gegend, wenn schnell gebaut werden sollte, von dem zeiterfordernden Steinbau ohne weiteres absah und dann in Ermangelung von Ziegeln zu dem vergänglichen Holzbaue zurückgriff, lehrt die Nachricht, dass Erzbischof Willigis von Mainz, der mächtigste Kirchenfürst seiner Zeit, im Jahre 990 die von ihm gegründete S. Stephanskirche aus Holz erbauen liess, obschon er seit länger als zehn Jahren mit dem Monumentalbaue des Domes beschäftigt war und daher sowohl Steinmaterial wie geübte Arbeiter in Hülle und Fülle besass.

Was für die Rheinlande gilt, trifft in erhöhtem Maasse für die Gegenden zwischen Rhein und Elbe zu. Hier hatte die römische Kultur überhaupt keine Wurzel geschlagen, der Ziegeleibetrieb war völlig unbekannt, man blieb Jahrhunderte hindurch bei dem altväterischen Holzbaue stehen und hat in dieser Bauweise, je nach den Gegenden und nach den zur Verfügung stehenden Holzarten, verschiedene Phasen durchlaufen, deren langsam aufsteigende Entwickelung wir mehr vermuthen als nachweisen können. Der grosse Schritt vom Holzbaue zum monumentalen Steinbaue ist zeitlich sehr ungleich erfolgt, an einigen Orten auffallend früh, an anderen recht spät. Unsere Geschichtsquellen geben darüber vielfachen Aufschluss. Deutlich erkennt man, dass in Süddeutschland der Holzbau etwas früher aufgehört hat, als in Norddeutschland, und hier wieder in den slavischen Gebieten ungleich länger gepflegt worden ist, als in den germanischen oder früh germanisirten.

Nur an einer Stelle in Norddeutschland ist der Versuch gemacht worden, einen Zweig des alten Ziegelbaues aufs Neue zu beleben. Es war derjenige deutsche Bischof, der unter allen mittelalterlichen Kirchenfürsten weitaus das regste persönliche Interesse für die im Erlöschen begriffenen antiken Kunst- und Industrie-Traditionen an den Tag gelegt

und als selbstthätiger Künstler in seiner Zeit das Grösste geleistet hat, nämlich Bernward von Hildesheim. Von ihm berichtet sein Biograph Thangmar c. 6, dass er ohne irgend eine Anweisung Dachziegel nach eigener Erfindung verfertigt habe (*lateres ad tegulam propria industria nullo monstrante composuit*). Man hat aus dieser kurzen aber bestimmten Angabe in älterer wie jüngerer Zeit alles mögliche hergeleitet, unter anderem (wie Kratz, Dom zu Hildesheim III, 13) Bernward als »den Begründer von Ziegelbrennereien, der dadurch Land und Leuten das sicherste Schutzmittel gegen die damals so verwüstenden Feuersbrünste gegeben habe«, gepriesen. Haupt in seinen Vicelins Kirchen S. 79 geht noch weiter, indem er auf des Biographen Angabe, dass Bernward seine Stadt mit Mauern umgeben und Thürme in deren Umkreis vertheilt habe, die dreiste Behauptung gründet, dass jene Mauer eine Backsteinmauer gewesen sei. Abgesehen davon, dass Thangmar's Worte hierzu nicht den geringsten Anlass bieten, weil nur von Dachziegeln die Rede ist, genügt es zu constatiren, dass die jetzige Ringmauer von Hildesheim nicht aus Backsteinen, sondern aus Bruchsteinen besteht und die ältere Ringmauer aus Bernward's Zeit (von welcher südwestlich vom Dome unter den Häusern des kleinen Domhofes in Kellern verbaut vor kurzer Zeit noch Reste standen) aus Quadern zusammengefügt war. Was ferner den Einfluss jener Dachziegel betrifft, so ist die einfache Thatsache entscheidend, dass Bernward's wohlgemeinter Versuch, eine harte feuersichere Bedachung auf Kirchen und Wohnhäusern einzuführen — selbst wenn er von ihm in grösserem Maassstabe gemacht sein sollte — ohne alle Folge geblieben ist. Die verderblichen Feuersbrünste haben während des XI. und XII. Jahrhunderts in Niedersachsen so wenig aufgehört als im übrigen Deutschlande, weil man mit grosser Zähigkeit, wohl auch aus Armut an den althergebrachten wohlfeilen Deckungsweisen mit Rohr, Stroh und Schindeln lange festhielt, im günstigsten Falle sich mit Schiefer behalf. Noch weniger darf man Bernward als einen Neuerwecker oder Fortsetzer des in Deutschland untergegangenen römischen Backsteinbaues verherrlichen wollen. Wäre er dies gewesen, so würden seine erhaltenen Bauwerke davon zeugen, wie die Kirchen S. Michael oder des heiligen Kreuzes zu Hildesheim; aber dies ist nicht der Fall. Beide Kirchen — soweit sie alte und echte Reste enthalten — spiegeln ihre Zeit wie ihren Urheber; in beiden erkennt man das redlich ernste Bestreben, antike Werksteintechnik und klassische Bauformen (letztere zum Theil mit byzantinischen Anklängen) soweit es mit den vorhandenen Kräften möglich war, nachzuahmen. Da auch in Niedersachsen bisher kein profanes oder kirchliches Backsteinbauwerk des XI. Jahrhunderts bekannt geworden ist, welches für den von Bernward

gegebenen Anstoss geltend zu machen wäre, so können die obigen Behauptungen von Kratz und Haupt keinen anderen Werth beanspruchen, als den von subjektiven Meinungen ohne solide Unterlage.

Nach den vorhandenen literarischen wie monumentalen Quellen ist vielmehr die Thatsache nicht zu bezweifeln, dass man während des XI. Jahrhunderts, ja bis zur Mitte des XII. zwischen Rhein und Elbe überall entweder in Stein oder in Holz, aber nirgendwo in Backsteinen gebaut hat. Wo Bruchsteine, sowie Kalk oder Gips zum Mörtel zu haben waren — sei es am Platze, sei es durch Bezug, — wo es ferner an Mitteln nicht fehlte und mit der Zeit nicht gekargt wurde, da ist man frühzeitig zum Steinbau übergegangen, in allen anderen Fällen blieb man bei dem Holzbaue. Daher erscheinen die Kathedralen Westfalens frühzeitig in Steinbau hergestellt, desgleichen die sächsischen Dome, sowie die kaiserlichen Stifter am Harz (Gernrode eingeschlossen), auch Bremens Dom schon im IX., Bücken's Stift im X. Jahrhundert; jene wegen des Vorkommens aller Materialien in nächster Nähe, diese wegen der Weser, welche den Transport der Sandsteine aus dem Teutoburger Walde ermöglichte. Verden wurde stiefmütterlicher behandelt, sein Dom erstand noch 940 als Holzbau und ein um 1010 daran gebauter Steinthurm erregte solches Aufsehn, dass das Faktum von Thietmar von Merseburg festgehalten wurde. Vom Erzbischofe Unwan erzählt Adam von Bremen, dass derselbe — um 1015 — die von den Bauern noch immer verehrten heiligen Haine in den Marschen niederhauen und von dem Materiale im ganzen Sprengel neue Kirchen bauen liess, darunter die S. Stephanskirche dicht vor der Stadt Bremen. Gleichzeitig wurde auch der Dom zu Hamburg von Neuem aus Holz erbaut und erst 25 Jahre später — 1040 — erfolgte seine Umwandlung in Stein. Ohne Schwierigkeiten können diese Beispiele erheblich vermehrt werden, aber sie reichen aus, zumal auch für andere Landschaften Deutschlands sich ähnliche oder gleiche Umwandlungen nachweisen lassen, z. B. für Holland und Friesland im VIII. und IX., für Böhmen im X. und XI., für Franken wie für Österreich (speciell für die Sprengel von Eichstädt und Passau) im XI. Jahrhundert. Da sich das gleiche Resultat aus dänischen und skandinavischen Geschichtschreibern ergiebt, so muss man in diesem Gange der Baukunst einen völlig normalen, naturgemässen Lauf erblicken, in welchem einige Ausnahmen die Regel nur bestätigen. Für die Zähigkeit, mit welcher man z. B. in Deutschland am Holzbaue hier und da festgehalten hat, wird es genügen, zwei Beispiele aus sächsischen Städten von Rang und Ansehn hervorzuheben. Das erste ist die Kirche der Dominikaner S. Katharina zu Bremen, 1253 geweiht, und das zweite die S. Jodokuskapelle zu Mühlhausen, nach 1251 erbaut. Die erstere

ist im XIV. Jahrhundert als schlichter Ziegelbau erneuert worden, die letztere war bis 1846 erhalten, wo sie mit wenig Pietät für einen so seltenen und kostbaren Besitz »gemeinnütziger Zwecke wegen« abgebrochen wurde.

So leicht verständlich das langsame Aufhören, zuletzt das Aussterben des aus dem Süden übertragenen Backsteinbaues für uns ist, so auffallend ist sein Wiederauftreten nach langer Pause und an ganz entlegener Stelle. Kurz vor der Mitte des XII. Jahrhunderts erscheint der Ziegelbau in Deutschland aufs neue, aber nicht da, wo man ihn naturgemäss erwarten sollte — in den Rheinlanden — sondern in den wendischen Gebieten östlich von der Elbe, deren Bewohner durch Sprache, Sitte und Religion von den deutschen Nachbarstämmen völlig geschieden, seit drei Jahrhunderten einen nicht ruhmlosen Kampf für ihre nationale Existenz geführt hatten. Indessen ist trotz des slavischen Bodens der Ziegelbau nicht slavischen Ursprunges. Das steht zweifellos fest, da wir, abgesehen von den älteren Angaben bei Adam von Bremen, über die Kulturzustände der Wenden im XII. Jahrhundert durch Herbord's und Ebbo's Berichte von den Missionsreisen des Bischofs Otto von Bamberg, sowie durch die Slavenchronik des Helmold und die dänische Geschichte des Saxo Grammaticus gut unterrichtet sind. Der Ziegeleibetrieb war in den Wendenländern unbekannt, der Holzbau und zwar in der Blockstruktur, war die volksthümliche Bauweise. Nicht nur für Hütten, Dörfer, Städte fand er ausschliesslich Anwendung, sondern auch für Burgen, Tempel, Herrschersäle. Nur als seltene Ausnahme wird in den Quellen hier und da eines Steinhauses Erwähnung gethan.

Daher muss der Backsteinbau hierher übertragen worden sein und es fragt sich: von wem und woher? Diese für die Baugeschichte Deutschlands tief einschneidenden Fragen sind schon mehrfach behandelt worden, sowohl von einheimischen Forschern, wie von Gelehrten des Auslandes. Indessen ist man zu einem abschliessenden Resultate nicht gekommen, da von der einen Seite noch heute die Herkunft aus Italien, von einer zweiten aus Dänemark, von einer dritten, zu der ich seit längeren Jahren gehöre, aus den Niederlanden behauptet wird und eine vierte gar den Standpunkt vertritt: der Ziegelbau sei in Deutschland seit den Römerzeiten überhaupt nicht ausgestorben. Nach der obigen Darstellung der thatsächlichen Verhältnisse ist es überflüssig, auf diese letztere näher einzugehen.

Italien, im engeren Sinne die Lombardei, würde den ersten Anspruch erheben können, als Ausgangspunkt zu gelten, weil in der an Thonlagern so unerschöpflich reichen Poebene die Pflege des Backsteinbaues nie aufgehört hat und die daselbst in sehr früher Zeit entstan-

denen reducirten Detailformen mit denen an den ältesten Ziegelbauten in den baltischen Ländern eine gewisse Verwandtschaft besitzen. Allein der lombardische Backsteinbau hat die Alpen nie überschritten, um sich wie ein siegreicher Eroberer im fremden Lande auszubreiten und von Jahrzehnt zu Jahrzehnt seine Herrschaft zu erweitern. Nur sein aus wenigen und einfachen Elementen bestehender und deshalb für die Praxis bequem verwerthbarer Formenschatz ist sehr früh bereitwillig aufgenommen und nicht ohne Erfolg auf den Hausteinbau übertragen worden, zu dessen Förderung, ja ausschliesslicher Pflege innerhalb der Alpen wie nördlich derselben die Fülle der Gesteine von selbst einlud. Aus diesem Verhältnisse erklärt sich das häufige Vorkommen von nachgeahmten Backsteindetails, von Lesinen, Blendsäulchen, Säge- und Stromschichten, Kleinbogen- und Stabfriesen an den älteren Bruchstein- wie reiferen Werksteinbauten der Schweiz, des Ober-Rheins, Schwabens und Baierns bis nach Hessen und Sachsen hin.

Als ein sicherer Ausläufer des lombardischen Backsteinbaues und wie ein vorgeschobener Posten in den Alpen, ist der Dom von Brixen anzusehen; ein interessanter Ziegelbau vom Jahre 1174, leider im vorigen Jahrhunderte stark verändert. Jenes relativ späte Datum, sowie die Thatsache, dass er weder in der Nähe, noch in der Ferne Propaganda gemacht hat, lässt ihn für die vorliegende Frage ausscheiden.

Wichtiger ist das Ziegelbaugebiet in Baiern, nördlich von Augsburg zwischen Lech und Isar und östlich darüber hinaus. Hier sind Kirchen des XII. Jahrhunderts vorhanden, welche an Alter mit den ältesten in Norddeutschland wetteifern können. Dahin gehören die Klosterkirche von Thierhaupten und die S. Martins-Kapelle zu Freising, beide bald nach 1150 erbaut; die erstere als schlichter reiner Ziegelbau, die letztere als gemischter mit Ecken und Sockeln von Tuffstein. Die übrigen Backsteinkirchen sind jüngeren Datums und theilweis dem Übergangsstile angehörig, z. B. der Thurm von Inningen und der interessant dekorirte Thurm zu Ebranshausen, ferner die Kirchen zu Dechantsreut bei Landshut, S. Nikola bei Gangkofen, S. Michael zu Moosburg u. A. Dass hier direkte Einflüsse von der Lombardei her stattgefunden haben, erscheint um deswillen sehr unwahrscheinlich, weil reifere romanische Gewölbebauten nach dem gebundenen Systeme, dessen Heimath gerade die Lombardei ist und welches in Ziegeln sehr viel leichter zu wiederholen war, als in Steinen, hier nicht vorkommen. Es ist daher auch denkbar, dass man in jener Epoche an ältere einheimische Traditionen, deren Mittelpunkt in Augsburg zu suchen wäre, wieder angeknüpft hat. Eine weitere Untersuchung dieser interessanten Frage möchte ich den süddeutschen Fachgenossen umsomehr empfehlen, als der Ziegelbau — wie es scheint —

hier nicht wieder aufgehört, sondern in der gothischen Stilperiode sich ausgedehnt und eine gewisse Blüthe durchlebt hat, allerdings nicht als reiner Ziegelbau, sondern mit Sandsteindetails gemischt. Beispiele sind: das Münster und mehrere Kirchen in Ulm, die Kirchen von Landshut, München, Straubing, Ingolstadt u. A. Für die Pflege, welche ein gewisser Zweig der Ziegelfabrikation hier schon im XIII. Jahrhundert gefunden, sprechen die zahlreichen oft reich gegliederten Ziegelfliesen, welche in Alpirsbach, Ulm etc. vorkommen.

Das zweite Land für unsere Untersuchung ist Dänemark, von welchem hochachtbare deutsche und dänische Kunstforscher behauptet haben, dass hier der Ziegelbau früher aufgetreten sei, als in Norddeutschland und dass daher das Letztere nicht als der gebende, sondern als der empfangende Theil betrachtet werden müsse.

Es ist dies nach meiner Überzeugung ein Irrthum; gerade das Gegentheil ist richtig. Allerdings lässt sich in den beiden letzten Jahrzehnten des XII. Jahrhunderts in Pommern und Mecklenburg ein architektonischer Einfluss von Dänemark nachweisen (auf Rügen, in Eldena, Kolbatz u. s. w.), aber damals war der Backsteinbau in der Mark Brandenburg nicht nur längst begründet, sondern hatte schon einen Theil seiner selbständigen Entwicklung durchlaufen.

Die älteste Baukunst in Dänemark bediente sich wie oben erwähnt des Holzes. Als man seit der Mitte des XI. Jahrhunderts zum Steinbau überging, standen an Materialien in erster Linie ungeheuere Massen erratischer Blöcke, theils noch im Naturzustande lagernd, theils zum Bau von Hünengräbern bereits benutzt, zur Verfügung, daneben für einzelne Gegenden Kalktuff beziehungsweise Kalksinter (Fraadsten, Kildekalk), Kreide (Kridsten) und Feuerstein (Flintsten). Je nach den Landschaften, hat man das eine oder das andere Material benutzt; man hat aber auch auffallender Weise Baumaterial aus der Fremde bezogen, mit besonderer Vorliebe Tuffstein. Alte Sagen deuten auf England als Bezugsquelle; richtiger ist es und neuerdings durch geognostische Untersuchungen unzweifelhaft festgestellt, die Herkunft des Tuffsteins im Rheinthale zu suchen. Schon oben ist auf die massenhafte Verbreitung dieses Materials in Holland und Friesland hingewiesen worden. Es muss aber auch an das Vorkommen grosser frühromanischer Sarkophage aus Quadersandstein, über welche VON QUAST eingehend berichtet hat — in Bant bei Wilhelmshafen, sowie an mehreren Punkten Ostfrieslands, auf den Halligen wie auf der Insel Föhr, — erinnert werden. Wenn man solche Monolithe mit ihren Deckeln, deren ältere Vorbilder in Weissenburg, Worms, Lorsch, Mainz, Schierstein und Cöln sich vorfinden, schon im X., spätestens im Laufe des XI. Jahrhunderts nach der Jademündung und den

nordfriesischen Inseln abliefern konnte, war es nicht schwer, den kleinquadrigen Tuffstein noch höher hinauf nach Norden zu verfrachten. Daher treffen wir den Tuff aus dem Brohlthale als Baumaterial ausschliesslich bevorzugt ebensowohl auf jenen Inseln, wie auch an der Westküste von Jütland, besonders in Ribe, welches — damals noch an der See belegen — einen vielbesuchten Handelsplatz bildete. Mit dem Materiale sind auch die Meister gekommen, denn Ribes grossartiger Dom ist ein unmittelbarer Pflanzling der niederrheinischen Bauschule des XII. Jahrhunderts und dieser Einfluss hat sich von hier aus nach Norden weithin ausgedehnt, selbst wenn das Material wieder wechselte, nämlich nach den beiden Domen von Viborg und Lund, welche — jeder in seiner Art — Gipfelpunkte der romanischen Baukunst in Dänemark (die Landschaft Schonen und folglich auch Lund gehörte damals zum dänischen Reiche) darstellen. Der Tuffstein ist aber nicht bloss in Ribe und Umgegend verwendet worden, sondern er ist auch nach der Ostküste (Angeln) gelangt, wie die hochinteressante, in neuester Zeit durch Nachlässigkeit und Ungeschick untergegangene S. Michaelskirche zu Schleswig von circa 1100 durch ihre ältesten Theile bewies und wie es einige Kirchen in der Nähe noch erkennen lassen. Die massenhafte Einfuhr des Tuffsteins hat erst im XIII. Jahrhundert aufgehört und vermuthlich ist die Ausbreitung des Backsteinbaues darauf von Einfluss gewesen. Denn schon am Schlusse des XII. Jahrhunderts hat derselbe, von Seeland kommend, die Nordwestecke von Jütland erreicht, wie aus der merkwürdigen 1197 erbauten Ziegelkirche von Westerwig geschlossen werden kann.

Über die an dieser Stelle nur streifend zu berührenden Baumaterialien Dänemarks hat KORNERUP in einem vortrefflichen Aufsatze: Materialet i de Aeldste Danske Kirker, welcher sich in dem Jahrgange 1870 der »Aarböger for Nordisk Oldkyndighed og Historie« S. 139 ff. findet, mit fast erschöpfender Gründlichkeit gehandelt. Mit Dank entlehne ich demselben einige der folgenden Angaben.

Kalktuff, Schaumstein (Fraadsten) findet sich sporadisch in Ostjütland, auf Seeland, auch in Schonen. Aus diesem Materiale bestehen z. B. die ältesten Theile der Frauenkirche zu Roskilde (um 1080), deren Mittelschiffsmauer als *opus spicatum* von kleinen Quadern hergestellt ist. Ein sehr viel grösseres Gebiet beherrschte schon seit dem XII. Jahrhunderte der Granit, sei es zu Quadern zugehauen, sei es als Feldstein (Kampsten, Rullesten) verbraucht. Nordjütland besitzt allein fast 500 Granitkirchen, darunter den durch Grösse, Gestaltung und Technik so ausgezeichneten Dom von Viborg, der in der ersten Hälfte des XII. Jahrhunderts begonnen, nur durch jütländische Ausdauer und Zähigkeit so

würdig beendigt werden konnte. Der Granit hat für Dänemark eine nationale Bedeutung gewonnen, er ist eigentlich nie ausgestorben.

Der Kreidestein ist nur in beschränkten Bezirken, sowohl in Seeland wie auf Falster verwendet worden. Die meisten Kirchen bewahrt Seeland, wo der Kridsten von der Insel Moen sowie von Stevn's Klint leicht zu beziehen war. Andere Gruppen trifft man in der Nordostecke von Jütland bei Grenaa, Randers und Hobro. Der Sandstein ist in älterer Zeit nur in Schonen in Anwendung gekommen; seine Güte und Bildsamkeit repräsentirt der 1145 eingeweihte aber erst später vollendete Dom von Lund in hervorragender Weise. Das ist eins der schönsten Beispiele des starken deutschen Einflusses während des XII. Jahrhunderts im Norden. Man glaubt in Cöln, Bonn oder Andernach zu stehen, wenn man dieses Prachtwerk betrachtet.

Endlich das für unseren Zweck wichtigste Material, der Backstein, erscheint erst in der zweiten Hälfte des XII. Jahrhunderts und zwar zuerst auf Seeland. Lange galten die ältesten Theile des Doms von Roskilde, der, abgesehen von späteren Anbauten, ein reiner Ziegelbau ist, für Baustücke aus dem XI. Jahrhundert; davon ist man aber nach Hoeyen's Untersuchungen längst zurückgekommen. In Roskilde ist nichts mehr erhalten, was älter wäre als das Jahr 1234 und ich füge hinzu, das Beste und Älteste, nämlich der grossartige Chor mit Umgang und Emporen, ist innen wie aussen eine auf den Backsteinbau übertragene Studie der Kreuzflügel an der Kathedrale von Tournay, welche bei der feierlichen Einweihung des Jahres 1213 vollendet waren. Dass Schnaase noch in der zweiten Auflage seiner Gesch. d. bild. Künste IV, 607 wörtlich sagen konnte: »der Dom zu Roskild, wie er jetzt erscheint, gleicht im Wesentlichen dem Dome zu Braunschweig« ist bezeichnend für die Oberflächlichkeit, mit welcher er die auf die Baukunst bezüglichen Abschnitte sehr oft behandelt hat. Man kann sich nichts Verschiedeneres denken, als die inneren Systeme von Roskilde und Braunschweig.

Der ältere Bau von Roskilde aus dem Jahre 1080 war, wie Aelnoth's Worte: »*insigni lapideo tabulatu*« deutlich erkennen lassen, ein Quaderbau und unter Bezugnahme auf die in demselben Jahre erbaute Liebfrauenkirche derselben Stadt wahrscheinlich aus Kreidestein hergestellt. Er wurde im XIII. Jahrhundert durch den jetzigen grossartigen Backsteinbau verdrängt.

Nach den Forschungen dänischer Kunsthistoriker wie Worsaae, Hoeyen, Kornerup u. A., deren Hauptresultat ich nach zweimaliger Bereisung Dänemarks nur bestätigen kann, ist die Klosterkirche von Soroe auf Seeland der älteste noch erhaltene Ziegelbau. Ihr Urheber war der

treue Ratgeber und tapfere Waffengefährte des Königs Waldemar I., der Bischof Absalon von Roskilde, dessen Kriegsthaten Saxo Grammaticus in so anziehender Weise verewigt hat. An der Stelle einer älteren Benediktiner-Ansiedlung erbaute er in Soroe ein neues Kloster, besetzte es 1161 mit Cisterciensern von Esrom und fand hier nach einem langen thatenreichen Leben 1201 seine Ruhestätte. Die dreischiffige kreuzförmige Pfeilerbasilika, plattgeschlossen mit vier Nebenchören (Schema von Loccum) ist noch wohl erhalten, hat aber nach einem Brande von 1242 einen bedeutenden Umbau erlitten, von welchem der grösste Theil der jetzigen Obermauern und Gewölbe herrührt. In Absalon's Zeiten waren nur die Seitenschiffe gewölbt, alle übrigen Bautheile besassen Holzdecken. Dieser Einfachheit in der Struktur entspricht auch die schlichte Detailbildung in den Arkaden und Vierungspfeilern. Der Maasstab ist mittelgross, die Verhältnisse sind günstig, auch das Material wie die Technik sind gut, wenn auch längst nicht von der Vollendung wie einige Kirchen der Mark (Jerichow und Diesdorf) sie zeigen. Als ein erster Versuch im neuen Materiale verdient der Bau volle Anerkennung.

Gleichzeitig mit Soroe oder doch nur sehr wenig später wurde in gleicher Bauweise und — wie Worsaae vermuthet hat — von demselben Baumeister auf Befehl des Königs Waldemar die schon vorhandene Benediktiner-Klosterkirche zu Ringsted, in welcher sein 1131 meuchlings gefallener Vater Knud Lavard beigesetzt war, erweitert — richtiger gesagt, in durchgreifender Weise erneuert. Der Beginn des Baues steht nicht ganz fest, vollendet war er aber sicher 1170, weil in diesem Jahre nach geschehener Heiligsprechung Knud Lavard's die übliche Erhebung seiner Gebeine darin mit grossen Feierlichkeiten vorgenommen werden konnte. Der Bau ist im Maasstabe, in der Planbildung, Struktur und Detailbehandlung der Kirche von Soroe eng verwandt, nur ist der Chor halbrund geschlossen und die vier Nebenchöre fehlen. Die Kirche hat überhaupt schwer gelitten; im XV. Jahrhunderte wurde ein schwerfälliger Vierungsthurm hinzugefügt und nach einem Brande von 1806 die Kirche selbst im Westen gekürzt und mit einer neuen stillosen Westfaçade ausgestattet. Abgesehen von diesen Veränderungen ist der Bau Waldemar's schon im XIII. Jahrhundert dadurch wesentlich umgestaltet worden, dass man ihn ganz ähnlich wie Soroe in Formen des gothischen Übergangsstils überwölbte. Nur durch eine eindringende Analyse gewinnt man eine sichere Vorstellung des alten Ziegelbaues, der wie der Augenschein lehrt sogar noch Reste des XI. Jahrhunderts umschliesst. Er war auch eine aus anderem Materiale kreuzförmige Pfeilerbasilika mit Holzdecken über dem Mittelschiffe, den Kreuzflügeln und dem Chore; nur die Seitenschiffe waren überwölbt. Das

Ganze also eine Übergangsstufe vom Holzdecken- zum Steindeckenbaue, wie sie jenem Jahrzehnt 1160—70 für den Norden völlig entspricht. In der Fassung der Hauptglieder: Lesinen, Bogenfriese, Fenster und Portale besitzen beide Kirchen verwandte Züge mit den entsprechenden Baugliedern in der Mark Brandenburg, dagegen treten in der Detailbehandlung Formenbildungen auf, welche mehr an England erinnern als an Deutschland. Es ist nicht unmöglich, dass darin Überlieferungen aus der Epoche des älteren Holzbaues, wo England mit Dänemark politisch verbunden war, enthalten sind.

Von diesem Doppelcentrum aus hat sich der Ziegelbau langsam ausgebreitet, zuerst durch Seeland, dann nach Fühnen und Jütland, zuletzt nach Laaland und Schonen. Die Totalsumme der noch erhaltenen Backsteinkirchen ist meines Wissens noch nicht ermittelt worden, aber schon die Zahl der im romanischen und im Übergangsstile erbauten Kirchen ist nicht unbeträchtlich. Zu den wichtigsten gehören: die durch Planbildung und Aufbau höchst merkwürdige Frauenkirche in Kallundborg sowie die Kirche von Vordingborg auf Seeland, die Frauenkirche in Assens auf Fühnen, ferner die ältesten Theile des Domes von Aarhuus, Thorsager, Breklum, Westerwig und Lügumkloster bei Ribe in Jütland.

Bezüglich der Anfangsdaten von Soroe und Ringsted muss noch daran erinnert werden, dass Waldemar erst durch die Schlacht auf der Grathahaide im October 1157 Alleinherrscher wurde und bald darauf in der Mitte 1158 die Erhebung Absalon's zum Bischofe von Roskilde vermittelte. Frühestens kann also der Bau von Soroe 1159 begonnen worden sein, so dass die 1161 einziehenden Cistercienser wohl nur einen Theil der Kirche und des Klosters fertig fanden. Aus diesem Datum ergiebt sich aber die wichtige Thatsache, dass der dänische Ziegelbau unbedingt jünger ist, als der deutsche, und dass daher von einer Übertragung nach Deutschland nicht die Rede sein kann, eine Ansicht, welcher sich neuerdings Kornerup, Hansen u. A. angeschlossen haben. Ebenso sicher begründet erscheint mir die Annahme, dass die für die Entwicklung der dänischen Baukunst so folgenreiche Einführung des Backsteinbaues nur den beiden in Krieg und Frieden so eng verbundenen Männern, dem Könige Waldemar und dem Bischofe Absalon zugeschrieben werden muss. Hierfür spricht in entscheidender Weise das merkwürdige Dokument, welches dem Waldemar, als er 1182 in Ringsted sein alterthümlich konstruirtes Ziegelgrab erhielt, in der Gestalt einer auf beiden Seiten mit gravirten Inschriften versehenen Bleiplatte ins Grab mitgegeben wurde. Beide Inschriften wird schwerlich ein Anderer verfasst haben, als der zurückbleibende Freund, der seit 1177 zum Erzbischofe von Lund erhobene Absalon. In der längeren Inschrift

der Oberseite heisst es: »*murum quoque ad tocius regni presidium qui vulgo Danewerch dicitur ex lateribus coctis primus construxit et castellum in Sproga edificavit.*« Wenn solche Worte auf Sätze folgen, welche den König als Besieger der Slaven, als Vaterlandsvertheidiger, als Wiederhersteller und Erhalter des Friedens, als Eroberer von Rügen und Ausbreiter des Christenthums preisend bezeichnen, so kann das keinen anderen Sinn haben, als dass man in den obersten entscheidenden Kreisen sich auch des Werthes jener neuen Errungenschaft des Ziegelbaues voll und ganz bewusst war und jenes Werk des Friedens wie einen ebenbürtigen Ruhmestitel behandelte. In bescheidener Weise aber nicht minder deutlich geht das ferner aus der Nachricht hervor, dass Absalon in seinem Testamentes einen Ziegelmeister Aage mit einem Legate bedacht hat.

Auf welchem Wege die Übertragung der neuen Bauweise mit allen ihren Consequenzen nach Dänemark erfolgt ist, kann mit Sicherheit nicht nachgewiesen werden, dennoch fehlt es nicht an historisch nachweisbaren Berührungspunkten zwischen den hierfür entscheidenden Persönlichkeiten in Dänemark und Deutschland. Auf dem Hoftage zu Merseburg, den der neu gekrönte König Friedrich Barbarossa zu Pfingsten 1152 abhielt, haben die dänischen Thronstreitigkeiten eine grosse Rolle gespielt. Anwesend waren ausser König Sven, Knud und Waldemar auch die beiden Hauptbeförderer des in den letzten Jahren eingeleiteten Colonisationswerkes in der Mark Brandenburg, nämlich Markgraf Albrecht der Bär und Bischof Anselm von Havelberg. Wie leicht kann Waldemar damals im Verkehr mit jenen Männern Mittheilungen erhalten oder auf seinem Wege Colonistendörfer berührt und dort die ersten kirchlichen Werke des Backsteinbaues selbst gesehen haben, so dass alle jene Eindrücke das fruchtbare Samenkorn geworden sind, aus welchem wenige Jahre später die erste Ernte für Seeland erwachsen sollte.

Es ist aber auch nicht unmöglich, dass erst eine zweite Reise Waldemar's nach Deutschland, auf welcher ihn Bischof Absalon begleitete, die weiteren Anregungen gegeben und die schliessliche Entscheidung gebracht hat, nämlich die Reise zum Reichstage nach S. Jean de Losne in Burgund 1160. Auf dieser Reise verweilten beide als Gäste des Erzbischofs Hartwig von Bremen in der letzteren Stadt und können die von diesem in der Umgegend neu angelegten niederländischen Colonien persönlich besucht und von Hartwig nützliche Winke über den Backsteinbau erhalten haben, von dessen Werth und Nutzen kaum ein Anderer so gut unterrichtet war, als grade er, der eins der ältesten und wichtigsten Bauwerke in der Mark Brandenburg, die Klosterkirche von Jerichow, gestiftet und soeben vollendet hatte.

Sollte die letztere Vermuthung sich durch weitere Forschungen noch mehr begründen lassen, so würde allerdings das Datum von 1161 für Soroe nicht mehr als die Zeit des ersten Einzuges des Convents zu betrachten sein, sondern als die des Baubeginns der Klosterkirche. Dann wäre Absalon in Verbindung mit dem Cistercienser-Orden der Übertrager der neuen Bauweise nach Dänemark und 1161 das Jahr ihrer Geburt auf Seeland.

Was hierin schon angedeutet liegt, wird nunmehr genauer zu erweisen sein, nämlich das höhere Alter des Backsteinbaues in den wendischen Gebieten rechts von der Elbe, speciell in der Mark Brandenburg, als desjenigen in Dänemark.

Die ersten Versuche, das Christenthum in diesen Gegenden langsam aber sicher dadurch auszubreiten, dass man für die Kirche feste Stationspunkte schuf, hat mit staatsmännischer Weisheit Otto der Grosse unternommen. Sehr bald nachdem er im Norden die drei Bisthümer Schleswig, Ribe und Aarhuus errichtet hatte (946—47), stiftete er auch die erste bischöfliche Kirche im Wendenlande, nämlich zu Havelberg 946 und drei Jahre später — 949 — die zu Brandenburg. Nachdem auch das alte Meissen 968 die gleiche Auszeichnung von ihm empfangen hatte, gab er noch in demselben Jahre den drei letztgenannten Bisthümern einen besonderen Rückhalt durch die Gründung des Erzbisthums Magdeburg. Das Ganze, eine grossartig gedachte Operationsbasis — von Jütland bis zum Erzgebirge reichend — mit den Stützpunkten Bremen-Hamburg und Magdeburg, eine Basis, auf welcher die Kirche unter dem Schutze und mit Hülfe der Kaisergewalt alle ihre Kräfte entfalten sollte zur Ausbreitung des Christenthums.

Leider schlugen Otto's Pläne fehl. Die phantastische Politik schwächerer Nachfolger gravitirte mehr nach dem Süden als nach dem Osten, während das Erstarken der polnischen Herrschaft unter tapferen und ehrgeizigen Fürsten gleichzeitig das nationale Bewusstsein der Wendenstämme hob. Wenige Jahrzehnte nach Otto des Grossen Tode hatte das dänische Heidenthum die nordischen Bisthümer wieder überflutet, waren Havelberg und Brandenburg für die Missionsthätigkeit verloren, Meissen auf enge Bezirke zurückgedrängt worden. Nur mit Mühe und oft mit unsicherem Erfolge wurden die Reichsgrenzen an der Elbe gehütet. Dieser im Jahre 983 eingetretene Rückschlag hat lange gewirkt. Trotz vieler Feldzüge Heinrich's II. und der salischen Kaiser bis weit nach Polen und Schlesien hinein, trotz dänischer Eroberungen im Wendenlande, trotz der nie unterbrochenen Grenzkämpfe tapferer Markgrafen und Burgwardmänner, ja trotz einzelner Bekehrungserfolge der Kirche, blieb das um nationale Heiligthümer geschaarte slavische Heidenthum anderthalb Jahrhunderte lang ungebrochen. Nach wie vor bildete die

mittlere und untere Elbe bis über Bardowieck hinaus die Grenze zwischen ewig friedlosen Gegnern.

Erst die erste Hälfte des XII. Jahrhunderts brachte eine Wendung zum Bessern. Zunächst durch die erneute Missionsthätigkeit an der unteren Elbe und Oder. Zwei Männer vertreten diese Bestrebungen: ein armer Priester und ein reicher Bischof, Vicelin in Holstein und Wagrien, und Otto von Bamberg, der Apostel der Pommern. Otto geboren zum Missionar und von seltenem Glücke begleitet, gewinnt rasche Ernten; Vicelin aufgerieben im harten Kampfe für seinen heiligen Beruf, aber nie gebeugt, sieht erst am Ende seines Lebens einen Theil der Saaten aufschiessen, für welche er unermüdlich gearbeitet hat.

Sodann durch die erneute kirchliche Zucht mit ihrem willigen Gehorsam und Hingebung an eine grosse Idee, vertreten durch den Stifter des Prämonstratenser-Ordens Norbert, welchen König Lothar 1126 zum Erzbischofe von Magdeburg erhoben hatte. Nur acht Jahre hat Norbert diesen Platz ausgefüllt, aber er hat durch Lehre, Beispiel, unerbittlichen Eifer viel geschaffen; besonders seinem Orden die Wege in der Mark bereitet. Vicelin war sein Jünger, mit Otto von Bamberg unterhielt er Beziehungen: wenn er, was sehr wahrscheinlich, die Triebfeder war, welche den König bestimmte, in den ersten Monaten des Jahres 1127 den Zug in das Wendenland zu unternehmen, welcher des berühmten Nationalheiligthums Rethra Zerstörung zur Folge hatte, so hat er der zweiten Missionsreise Otto's nach Pommern in demselben Jahre wacker vorgearbeitet. Nach Installirung seines Ordens bei der Liebfrauenkirche zu Magdeburg 1129 besetzte er den Stuhl von Havelberg mit einem seiner besten Schüler Anselm und schritt sogleich zur Wiedergewinnung dieses Platzes.

Man sieht, dass die Zeit der Defensive vorüber und ein Mann vorhanden war, die Pläne Otto des Grossen zur Ausbreitung des Christenthums in den Wendenländern wieder aufzunehmen.

Weitere Hülfe kam endlich von den in diesen Gegenden mächtigsten Männern ihrer Zeit, von Albrecht dem Bären und Heinrich dem Löwen. Oft im Zwiespalt miteinander aber einig in dem Entschlusse, die fruchtbaren Gebiete jenseits der Elbe der deutschen Kultur zu erschliessen, hatten beide sich überzeugt, dass weder der Priester noch der Krieger — selbst beide zusammen nicht — jener riesigen Aufgabe gewachsen waren. Es bedurfte daneben auch des arbeitsfrohen, im Kampfe mit den Elementen gestählten Bauern. So wurde von ihnen — auch Erzbischof Hartwig von Bremen und Graf Adolf II. von Holstein schlossen sich an — auf Grund von älteren an der unteren Weser gemachten und hier und da (z. B. in Pforta) schon weiter entwickelten Erfahrungen

— eine Colonisation eingeleitet, welche wie eine langsam aber unwiderstehlich heraufsteigende Flutwelle in die Wendenländer vordrang und zu dem allmählichen Germanisirungsprocesse einen der wichtigsten Faktoren lieferte.

Den Anfängen dieser Colonisation entstammt der Backsteinbau Norddeutschlands und zwar innerhalb zweier Gebiete. Das eine ist die Landschaft Wagrien zwischen Eider und Trave, in welcher Vicelin mit wenigen Genossen des harten Missionsamtes waltete und das andere die Niederungen an der mittleren Elbe und Havel, welche Albrecht gehorchten und zum Sprengel von Havelberg gehörten. Betrachten wir zunächst den letzteren Distrikt. Von ihm berichtet Helmold I. c. 88, dass Albrecht nach Unterjochung der Völker an der Elbe und Havel Gesandte nach Utrecht und den Rheingegenden und zu den Oceanbewohnern, welche von der Gewalt des Meeres zu leiden hatten, geschickt habe, um Ansiedler, Holländer, Seeländer und Fläminger herbeizuziehen. Er fährt dann fort: »Durch die herankommenden Fremdlinge wurden auch die Bisthümer Brandenburg und Havelberg sehr gehoben, weil die Kirchen sich mehrten und die Zehnten zu einem ungeheuren Ertrage erwuchsen. Aber auch das südliche Elbufer begannen zu derselben Zeit die Holländer zu bewohnen; sie besassen von der Stadt Soltwedel alles Sumpf- und Ackerland, nämlich das Balsemer und Marsciner Land mit vielen Städten und Flecken bis zum Böhmer Walde hin« und er schliesst mit den treffenden Worten: »von den Grenzen des Oceans sind unzählige starke Männer gekommen und haben das Gebiet der Slaven bezogen und Städte und Kirchen gebaut, und haben zugenommen an Reichthum über alle Berechnung hinaus.« Hierzu tritt ergänzend der Bestätigungs- und Gnadenbrief König Konrad III. vom Jahre 1150, welcher zu Wirzburg ausgestellt, dem Bischofe Anselm von Havelberg das Recht verlieh, in die entvölkerten Gegenden seiner Dióces Colonisten einzuführen, aus welchem Volksstamme er dieselben haben wolle oder haben könne; und alle diese sollten nur seiner Jurisdiction unterstellt werden. Da dieser Brief 1150 erlassen ist und Helmold's zeitgenössischer Bericht von circa 1170 stammt, so muss innerhalb dieser zwanzig Jahre (vielleicht schon einige Jahre früher beginnend) die von Helmold mit Recht so gerühmte Besiedlung der mittleren Elbe und Havel, sowie der Gegend zwischen Salzwedel und Werben durch Holländer, Seeländer und Fläminger stattgefunden haben. Arnold von Stade setzt die Colonisation auf 1163.

Zum Überflusse fehlt es auch nicht an urkundlichen Zeugnissen. So für Pforta um 1140, Erfurt 1150, Bitterfeld 1153, Coryn (jetzt Kühren) bei Wurzen 1154, Jüterbogk 1157, Nienburg a. S. und Dessau 1158,

Berichtigung: Z. 4 v. u. ist statt Arnold — Albert zu lesen.

Kemberg 1159, Krakau bei Magdeburg 1164, Wörlitz und Pratau um 1165 u. s. w. Mit Interesse ersieht man aus den Urkunden, dass die Colonisation viele Kreise beschäftigt hat, denn geistliche wie weltliche Herren erscheinen gleichmässig betheiligt.

Wenn wir nun in diesen Gebieten Kirchen antreffen, welche nicht aus den landesüblichen Materialien: Holz oder Granit, sondern aus Ziegeln erbaut sind und wenn diese Kirchen mit Sicherheit nachweisbar jener Colonisations-Epoche entstammen, so kann es keinem Zweifel unterliegen, dass die in Norddeutschland völlig neue Bauweise mit Ziegeln den eingewanderten Colonisten und zwar nur den »unzähligen starken Männern von den Grenzen des Oceans« verdankt wird, weil die gleichfalls einwandernden Sachsen, Thüringer und Westfalen den Backsteinbau in ihrer Heimat nicht kannten und folglich auch nicht mitbringen konnten. Damit wäre aber erwiesen, dass der älteste Backsteinbau der Mark Brandenburg niederländischen Ursprunges ist.

Solche Kirchen sind noch vorhanden. Ihre verhältnissmässig kleine Zahl kann nur denjenigen befremden, der vergisst, was im Laufe von sieben Jahrhunderten durch elementare Einflüsse wie durch die Unbill der Menschen unterzugehen pflegt.

Die wichtigsten derselben in angenähert geographischer Reihenfolge geordnet sind folgende. Auf dem linken Elbufer Kloster Diesdorf 1161 eingeweiht, die Kollegiatkirche zu Gross-Boyster nach 1150, die Dorfkirchen Meseberg und Ferchlipp, die alte Pfarrkirche S. Martin vor Osterburg um 1150, S. Johannes zu Werben vor 1160, S. Jakob zu Seehausen (jetzt abgebrochen) bald nach 1151 erbaut. Auf dem rechten Elbufer die Dorfkirche zu Mödlich bei Lenzen, sodann als wichtigstes Beispiel einer grösseren Gruppe die stattliche Klosterkirche von Jerichow von 1149—59, die diesem Kloster gehörige Dorfkirche von Wulkow zwischen 1160 und 72 hergestellt, ferner die etwas jüngeren Stadtkirchen von Jerichow und Sandow sowie die Dorfkirchen von Redekin, Klietz, Fischbeck, Hohen-Göhren, Schmitsdorf, Melkow, Gross-Mangelsdorf, Bergzau, alle nach übereinstimmendem Plane und mit fast denselben Struktur- und Kunstformen im Laufe des XII. Jahrhunderts entstanden und die grösste derselben Schönhausen urkundlich 1212 geweiht. Sodann S. Nikolaus vor Brandenburg um 1150, die Kirche in der Vorstadt Damme bei Jüterbogk 1157, die Dorfkirchen Pechüle und Bardenitz bei Treuenbritzen, und Axien bei Torgau. Wahrscheinlich werden bei genauerer Forschung noch einige solcher romanischen Ziegelkirchen gefunden werden; die vorgelegte Liste genügt aber vollständig, um Helmold's Angabe, dass jene Einwanderer bis zum Böhmer Walde d. h.

wie DEHIO richtig interpretiert hat, bis zum Erzgebirge gewohnt hätten, zu bestätigen, zumal wenn man sich erinnert, dass ein besonders hervorragender Backsteinbau die Klosterkirche von Altenzelle — 1162 gestiftet und leider jetzt zerstört — am Rande des Erzgebirges lag und einige Mittelglieder zwischen Wittenberg und Meissen z. B. Wörlitz, Pratau, Coryn bei Wurzen u. A. fehlen, beziehungsweise erneuert sind. Besonders empfindlich für unsere Kenntniss ist der Verlust von Altenzelle als Tochter von Pforta und somit als Enkelin von Walkenried, weil die letztgenannten beiden Cistercienser-Klöster urkundlich an der Colonisation durch Berufung von Niederländern sich betheiligt haben und weder ihr Gebiet noch das bei Erfurt und an der goldenen Aue von Helmold erwähnt wird. Die Einwanderung hat also viel weiter gereicht, als er angiebt und es fragt sich daher, ob die Distrikte an der Isar und am Lech mit ihrem Ziegelbau nicht auch mit jener Colonisation des XII. Jahrhunderts zusammenhängen?

Ein besonderes Interesse erweckt die Frage, welches Backsteinbauwerk als das älteste noch vorhandene zu betrachten ist. Dieselbe kann nicht mit absoluter Gewissheit, sondern nur mit einem hohen Grade von Wahrscheinlichkeit beantwortet werden, zu welchem Behufe ein kurzer Rückblick auf die ältere Baukunst in der Nordmark und der Mark Brandenburg erforderlich ist. Zuerst hat man auch hier allgemein in Holz gebaut z. B. noch in Leitzkau bei seiner Gründung 1102; dann ist man zu dem Steinbaue übergegangen, zuweilen mit Sandstein, überwiegend mit Granit. Aus Sandsteinen wurden Leitzkau von circa 1147 bis 1155 und der Dom von Havelberg von 1131—35 sowie nach kurzer Unterbrechung von 1136—70 erbaut. Aus Granit die Peterskapelle zu Brandenburg um 1130, S. Godehard daselbst nach 1139, S. Jakob zu Stendal und S. Georg zu Arneburg um 1150, ferner S. Peter und Paul zu Seehausen nach 1170, endlich Loburg, Burg und viele Kirchen des Flämings. Auch hat sich neben dem Backsteinbaue der Granitbau lange Zeit behauptet und werthvolle Werke geschaffen wie Kloster Zinna und die Westfront der Marienkirche zu Prenzlow; erst mit dem Schlusse des XIII. Jahrhunderts hat er in der Mark aufgehört.

Zuweilen sind beide Bauweisen vermischt worden, d. h. man hat den altehrwürdigen Granitbau dekorativ mit Ziegeln ausgestattet, um dadurch neue Wirkungen für das Auge zu erzielen. Die Klosterkirche von Krewese, deren Baubeginn 1158 feststeht, hat einen solchen höchst lehrreichen Versuch uns überliefert. Die Granitquadern bilden das vorherrschende Material, die Ziegel sind zu den Arkaden- wie Fensterbögen, zu Bogenfriesen, Sägeschichten u. s. w. verwendet und beide Materialien so geschickt mit einander verwebt worden, dass eine sehr günstige

Totalwirkung entstanden ist. Diese gemischte Bauweise ist an vielen Orten und sehr lange nachgeahmt worden (in der Mark, in Mecklenburg und Pommern), nirgends mit solchem Glücke. Für die Baugeschichte beweist dieser erste Versuch in Krewese zweierlei: erstlich, dass Ziegelbauten bereits vorhanden waren, nach denen man sich zu richten begann, und zweitens, dass der Ziegeleibetrieb irgendwo in der Nähe vollständig eingerichtet war. Schon durch das sichere Datum von 1158 für Krewese würde die Priorität des Ziegelbaues für die Mark Brandenburg gegenüber Dänemark (Soroe 1161) entschieden werden, aber Krewese kann unmöglich das älteste Werk sein. Dafür sind zwei andere Bauten in Betracht zu ziehen, nämlich die Pfarrkirche S. Nikolaus des (später untergegangenen) Dorfes Luckeberg vor dem slavischen Dorfe Parduin — der nachherigen Altstadt Brandenburg — und die Klosterkirche von Jerichow.

Die erstere — eine schlichte dreischiffige Pfeilerbasilika mit drei Apsiden — zeigt in ihren ältesten Theilen ein so eigenartig herbes Gepräge neben einer höchst sorgsam liebevollen Technik, dass sie zu den frühesten Schöpfungen des Ziegelbaues gerechnet werden muss. Auch ihre auffallende Lage dicht vor einer altslavischen Ortschaft, welche bereits eine Granitkirche S. Godehard besass, ferner der Umstand, dass sie bald nach ihrem Aufbau theilweis zerstört und dann in spätromanischen Formen erneuert worden ist, endlich der Titularheilige Nikolaus sprechen für einen niederländischen Ursprung. Bekanntlich fiel Brandenburg, welches nach dem Tode des letzten Wendenherrschers Pribislav 1150 an Albrecht den Bären gekommen war, noch ein Mal 1156 in die Hände des Slavenfürsten Jaczo und wurde erst ein Jahr später 1157 durch Albrecht wieder erobert. Jene theilweise Zerstörung der Dorfkirche wird leicht verständlich, wenn man annimmt, dass sie um 1150 durch die von dem Markgrafen herbeigerufenen Niederländer erbaut worden ist und zwar wegen der grösseren Sicherheit vor den Wendeneinfällen in möglichster Nähe der Burg. Wenn nun vor der Letzteren bei der Wiedereroberung Brandenburgs der einzige Sohn des Grafen Werner von Osterburg 1157 fällt und der gebeugte Vater zum Seelenheile desselben das Kloster Krewese noch in demselben Jahre stiftet, so stösst man auch hier wieder auf persönliche Berührungen, welche die auffallende Thatsache erklären, dass die Kirche von Krewese bereits 1158 die Mischung von Granitbau mit Ziegeldetails zeigt. Man hatte soeben im Lager vor Brandenburg den niederländischen Backsteinbau gesehen und seinen Werth schätzen gelernt.

Andrerseits kann auch das ungleich näher belegene und durch seine Grösse und Stattlichkeit gewiss allgemeines Aufsehen erregende Kloster

Jerichow auf die Entstehung des Ziegel-Granit-Mischbaues von Krewese eingewirkt haben. Jerichow steht in der That in erster Linie, denn kein anderes Gotteshaus in der Mark ist von Anfang an von allen Seiten und von den besten Männern so begünstigt worden als dieses. Der letzte männliche Spross des reichen Grafenhauses von Stade, Hartwig, hatte die geistliche Laufbahn eingeschlagen, war um 1139 Domherr in Magdeburg und um 1143 Dompropst in Bremen geworden. Als im nächsten Jahre (13. März 1144) sein Bruder Rudolf von den Dithmarschen erschlagen worden war, gründete er in Verbindung mit seiner Mutter Richardis auf dem ererbten Allodium rechts der Elbe das Prämonstratenserstift Jerichow, dessen Schirmvogt Albrecht und dessen Oberhirt Anselm wurde. Der Convent kam aus der Lieblingsstiftung Norbert's, aus dem Marienkloster zu Magdeburg, dem Haupte aller sächsischen Prämonstratenser-Stifter. Alles beeiferte sich, der von vorn herein wohlfundirten Stiftung zum raschen Aufblühen zu verhelfen. Anselm beschenkte schon 1145 das Kloster mit einer wichtigen Burg nebst vielen Dörfern, sowie mit dem bischöflichen Zehnten und dem Archidiakonate für das Missionswerk, beides in einem grossen Distrikte. Weitere Begabungen und Unterstützungen erfolgten durch ihn und das Erzstift 1148, namentlich die Ermöglichung eines Platzwechsels, so dass der Bau der Klosterkirche spätestens 1149 begonnen worden ist. Die päpstliche Bestätigung von 1159, sowie die Abtretung der Vogtei durch den Markgrafen Otto 1160 sprechen für die in jener Zeit erfolgte Vollendung des Baues. Sicher waren Kirche und Kloster 1172 vollständig hergestellt, wie eine den ganzen Verlauf der Entwickelung des Klosters übersichtlich zusammenfassende Urkunde des Erzbischofs Wichmann aus jenem Jahre deutlich erkennen lässt. (RIEDEL, Cod. dipl. Brand. III, 336.) Wenige Jahre nach der Stiftung und kurz vor Beginn des Baues, 1148 war der Stifter Hartwig zum Erzbischofe von Bremen/Hamburg erhoben worden, so dass er in einer so einflussreichen Stellung das Gedeihen seiner Lieblingsschöpfung noch ganz anders fördern konnte als früher. Hier hat ihn, wie SCHUMACHER in seinem vortrefflichen Aufsatze des Bremer Jahrbuches III, 199 ff. (Besprechung des Werkes von *DE BORCHGRAVE, histoire des colonies belges, qui s'établirent en Allemagne pendant le* XII *et* XIII *siècle*) bereits 1868 nachgewiesen und wie es DEHIO (Hartwich von Stade) 1872 weiter ausgeführt hat, mit Vorliebe die Colonisationsfrage beschäftigt.

In der nächsten Nähe von Bremen auf dem rechten Weserufer hatte Erzbischof Friedrich schon 1106 niederländische Auswanderer, welche aus dem Sprengel von Utrecht und wahrscheinlich von der Küste kamen, angesiedelt. Erzbischof Adalbero hat um 1142 die

Colonisation von neuem wieder aufgenommen und nicht nur längs des linken Weserufers verfolgt, sondern auch auf die linkselbischen Gebiete bei Stade übertragen. Bei Festsetzung der Colonistenrechte halfen ihm Heinrich der Löwe und Albrecht der Bär. (Raumer Reg. 1026.) Gleich nach seiner Erhebung auf den Erzstuhl 1148 setzte Hartwig diese vielversprechenden Arbeiten planmässig und in grossem Maasstabe fort, sowohl an beiden Weserufern, als auch zu beiden Seiten der unteren Elbe stromauf- wie stromabwärts, besonders in seinem Erbgute — der Grafschaft Stade — welches er der Bremer Kirche zugebracht hatte. Auch hier treffen wir wieder 1149 Albrecht den Bären bei Rechtsfestsetzungen thätig. (Raumer Reg. 1144.) Selbst in den furchtbaren politischen Kämpfen, welche seine beste Lebenskraft frühzeitig verzehrten, hat Hartwig nicht aufgehört, jener grossen Kulturaufgabe sein volles Interesse zuzuwenden. Sehr bedeutende Mittel hat er daran gesetzt — die Zeitgenossen nannten ihn wegen seiner Freigebigkeit »den Grossen« — für zweckmässige Organisation hat er gesorgt, — der Oberleiter jener Arbeiten Bovo wird selbst in kaiserlichen Urkunden erwähnt, — aber er wusste, was er damit seiner Kirche und dem Lande nutzte. Leider hat er noch vor seinem Tode den Schmerz gehabt, einen Theil seiner friedlichen Schöpfungen durch die furchtbaren Sturmfluten des Jahres 1164 vernichtet zu sehen, und es wird aus diesem weit und breit beklagten Unglücke auch die Thatsache erklärlich, dass in jenen Gebieten von alten Backsteinbauten aus jener Epoche bisher nichts bekannt geworden ist. Eine Thatsache, die um so bedauerlicher bleibt, als wir sicher wissen, dass man noch 1141 bei Stade eine Holzkirche erbaut hat. (Lappenberg's Geschichtsquellen S. 188.)

In jedem Falle ist es Pflicht, neben Anselm von Havelberg, der nach meiner stets festgehaltenen Ansicht einer der von Helmold erwähnten Gesandten Albrecht's des Bären 1145—46 gewesen ist, um in Utrecht und den Niederlanden die für die Mark Brandenburg bestimmten Einwanderer anzuwerben, auch in Hartwig einen der Hauptvermittler für die Colonisation und mit Rücksicht auf seine Lieblingsstiftung Jerichow einen besonderen Gönner und Förderer des Backsteinbaues zu sehen.

Die Klosterkirche von Jerichow besitzt, wenn von leicht erkennbaren Zusätzen abgesehen wird, in ihrem Grundkerne ein so alterthümlich ernstes Gepräge, dass man nach gewissenhaftester Prüfung und oft wiederholter Vergleichung mit allen andern bisher bekannt gewordenen Schöpfungen derselben Bauweise und derselben Kunstepoche immer wieder gezwungen wird, chronologisch ihr die älteste Stelle einzuräumen. Schon die einfache Planbildung im Schema der Säulenbasilika — durchweg mit Holzdecken — sichert ihr ein relativ hohes Alter, denn dieses

Schema war in der Mitte des XII. Jahrhunderts bereits im Aussterben begriffen, weil in den westlichen Provinzen, besonders im ganzen Rheinthale die Pflege des Gewölbebaues immer grössere Fortschritte machte und an Ausbreitung gewann. Einige der letzten Säulenbasiliken sind: Hamersleben um 1120 (Ableitung von Paulinzelle und höher hinauf von Hirsau), Oberzell bei Wirzburg 1128, Liebfrauen in Magdeburg (soweit Norbert daran gebaut hat) 1129—30, Heilsbronn 1132, endlich Neuenheerse 1165. Nach dem Jahre 1170 beginnt bei grösseren Bauausführungen, selbst in der Mark, der Gewölbebau zu überwiegen. Das Resultat dieser Richtung ist die ausschliessliche Bevorzugung der Pfeilersysteme; die Säulenbasilika hatte sich längst überlebt. Man hat daher das Recht, den Baubeginn von Jerichow so weit hinaufzurücken, als die Urkunden es irgend gestatten und diese bieten, wie oben angedeutet, vollkommen genügenden Anlass, einer frühen Datirung beizutreten. Wie hätte auch ein so reicher und blühender Convent, dem alle geistlichen wie weltlichen Herren hold waren, dem sein Ordensstifter die Pflege kirchlichen Lebens und der Mission als Norm hingestellt hatte und dem nun Alles darauf ankommen musste, in den Wendenländern so würdig als möglich aufzutreten, eines stattlichen Gotteshauses lange entbehren mögen, lange entbehren dürfen! Dabei soll nicht bestritten werden, dass nicht die eine oder die andere Dorfkirche etwas älter sein kann, aber für den Gang der Baugeschichte sind so kleine und entlegene Anlagen ohne Bedeutung. Eine werbende Wirkung haben immer nur Denkmäler grösseren Maasstabes ausgeübt, welche in vielbesuchten Städten standen oder mächtigen Ordensverbindungen angehörten. Zu diesen Letzteren gehört Jerichow; es ist unter einer ganz eigenartigen Constellation von Personen und Verhältnissen geschaffen worden und hat als Muster und Vorbild weithin gewirkt. Für seine frühe Entstehung ist zuerst — 1850 — VON QUAST eingetreten; nach genauer Prüfung des Baubestandes wie der historischen Überlieferung habe ich mich neun Jahre später derselben Auffassung angeschlossen und bisher keine Veranlassung gehabt, davon abzugehen, am wenigsten durch die vor kurzer Zeit im Centralblatte für das Bauwesen ausgesprochene gegensätzliche Ansicht des Herrn C. SCHÄFER, welche weder den historischen Zeugnissen noch den thatsächlichen Verhältnissen gebührend Rechnung trägt. Ich habe in derselben Zeitschrift darauf geantwortet und beziehe mich, um Wiederholungen zu vermeiden, auf jene Replik.

Es fragt sich nun, ob in dem zweiten für die Colonisation Norddeutschlands wichtigen Distrikte, in dem von Wagrien ebenso alte oder gar ältere Ziegelbauten noch erhalten sind, wie in den eben besprochenen Gegenden an der Elbe und Havel. Dieser baugeschichtlich wichtigen

Frage ist in neuester Zeit Haupt in seinem schon genannten Buche: Die Vicelinskirchen näher getreten. Leider ohne den wünschenswerthen Erfolg, da er sich von den beiden vorgefassten Meinungen, dass der Ziegelbau eigentlich in Deutschland nie aufgehört und dass besonders Bischof Bernward von Hildesheim neubelebend auf denselben eingewirkt habe, nicht hat losreissen können.

Auch hier ist Helmold die Hauptquelle; er berichtet I. c. 57, dass Graf Adolf II. von Holstein bald nach der Wiedererbauung der Veste Segeberg Boten nach Flandern und Holland, Utrecht, Westfalen und Friesland ausgesandt habe, um Colonisten einzuladen. Die gleiche Aufforderung sei von ihm an die benachbarten Holsaten und Stormaren gerichtet worden und der Erfolg sei nicht ausgeblieben. Über die Vertheilung der Ansiedler meldet er, dass die Holsaten im Westen bei Segeberg und Bornhövede, die Westfalen im Darguner Lande, die Holländer im Eutiner und die Friesen im Susler Bezirke angesetzt worden seien, während man die Gegend um Aldenburg (die alte Hauptstadt von Wagrien, und heute Oldenburg genannt) und um Lütjenburg den Slaven gegen Zinspflicht überlassen habe. Diese Colonisation des Wendenlandes zwischen Eider und Trave muss bald nach 1140 erfolgt sein und wird sicher mehrere Jahre gedauert haben. Sie bildet also ein Analogon zu den Colonisationen in der Mark und an der unteren Weser und ist etwas älter als die Erstere. Obschon sie in kirchlichem Sinne durch Vicelin's rastlos arbeitenden Missionseifer unterstützt wurde, so hat der eigentliche Nachdruck doch gefehlt, weil die schweren Kämpfe zwischen dem Erzbischofe Hartwig von Bremen und dem Herzoge Heinrich von Sachsen um das Investiturrecht der Bischöfe eine ruhige und stetige Entwicklung behinderten. Dazu kamen fortgesetzte Verheerungszüge der Wenden, Ranen und Dänen in den Jahren 1147, 1148, 1160 und 1171, unter deren hier lähmendem, dort tödlichem Einflusse ein Theil der deutschen Ansiedlungen verkümmert oder ganz untergegangen ist. Aus diesen Verhältnissen erklären sich auch die ferneren von Helmold (I. c. 83 und I. c. 87 und 91) berichteten Thatsachen, dass Vicelin's Nachfolger, Bischof Gerold bei dem Grafen Adolf 1157 die Heranziehung einer neuen Colonie von Sachsen in und um Aldenburg durchzusetzen wusste und dass drei Jahre darauf (1160) nach dem Tode eines der hartnäckigsten Wendenfürsten Niclot neue Einwanderungen in das obotritische und polabische Gebiet, sowohl nach Meklenburg wie nach Ratzeburg hin zu Stande kamen. Ein Edler, Heinrich von Scaten, der, wie Wigger wohl mit Recht vermuthet hat, von niederländischer Herkunft war, erhielt damals vom Herzoge Heinrich Meklenburg verliehen und besetzte diese Stadt und ihr Gebiet mit Flämingen, während Graf

Heinrich von Ratzeburg nach seinem Grafensitze zahlreiche Colonisten aus Westfalen verpflanzte.

Und diese so glücklich erneuten Bestrebungen empfingen gleich darauf kraft Heinrich's des Löwen Energie einen besonderen Rückhalt durch die nach manchen Zwischenfällen endlich gesicherte und feste Gründung der Stadt Lübeck 1160 und die gleichzeitig erfolgende Verlegung der zuerst von Hartwig 1149 wieder errichteten, dann durch Heinrich 1158 neu begründeten Bisthümer Aldenburg und Meklenburg nach Lübeck und Schwerin, während Ratzeburg an seinen ursprünglichen Platz, den es bereits hundert Jahre früher eingenommen hatte, zurückkam.

Aus Helmold's Nachrichten ergiebt sich, dass in Wagrien nur die erste Colonisation von 1143 für die Behandlung unsrer Frage, wo die älteste Backsteinbaukunst in Norddeutschland jetzt noch nachweisbar ist, in Betracht kommen kann. Mit anerkennenswerthem Fleisse hat HAUPT sämmtliche Stadt- und Dorfkirchen jener Gegend auf Form und Grösse, Material und Ursprungsdatum untersucht und ist dabei zu einigen Resultaten gelangt, welche bleibenden Werth behalten werden. In der Hauptsache hat er sich geirrt. In Wagrien ist aus der Zeit der ersten Einwanderung kein einziges Backsteinbauwerk gerettet worden, sondern nur Granitbauten. Es ist möglich, wenn auch nicht sehr wahrscheinlich, dass die alte Klosterkirche von Neumünster ein Ziegelbau aus jener Epoche gewesen ist, aber aus den schlechten Abbildungen dieser im Jahre 1812 abgerissenen Kirche ist es unmöglich, Vergleichungen zu machen und Schlüsse zu ziehen. Nicht einmal darüber, ob die Kirche von Anfang an in Kreuzform angelegt war, lässt sich Gewissheit gewinnen; ist sie nicht als Kreuzbau projektirt worden, sondern als schlichte Pfeilerbasilika, so würde sich die Vermuthung rechtfertigen lassen, dass die gleich zu besprechende S. Johanneskirche zu Oldenburg eine Ableitung von ihr gewesen ist.

Von den noch jetzt im Lande vorhandenen Ziegelkirchen sind fünf von einiger Bedeutung, nämlich die von Oldenburg, Lütjenburg, Altenkrempe, Eutin und Segeberg, doch nur eine davon, S. Johannes zu Oldenburg, trägt die Kennzeichen eines höheren Alters. Es ist eine dreischiffige Pfeilerbasilika mit quadratischem Westthurme und dem in spätgothischer Zeit erneuerten Polygonchore. Die rundbogigen Fenster stehen axial über den niedrigen und plumpen Pfeilern, eine Singularität, welche auch die 1147 eingeweihte Prämonstratenserkirche von Cappenberg besitzt und die möglicherweise von dort aus nach hier übertragen worden sein kann. Die Detaillirung ist auf ein Minimum beschränkt, nur der Thurm zeigt einige Gliederungen. Gern würde man S. Johannes mit der ersten Colonisation von 1143 in Verbindung setzen und als älter

wie Jerichow proklamiren, doch stehen historische Zeugnisse dem positiv entgegen. Helmold sagt ausdrücklich, dass zu jener Zeit gerade die Gegend um Oldenburg und Lütjenburg den Wagerwenden überlassen wurde, d. i. der nördliche und vielleicht auch der östliche Küstensaum, während man den Kern des Landes mit den neuen Colonisten besetzte. Er erzählt auch ferner I. c. 69, dass Vicelin nach dem vernichtenden Wendeneinfalle des Jahres 1148, welcher die frisch aufgeblühten Colonieen schwer traf, nach dem niedergebrannten Oldenburg gegangen sei, um daselbst eine hölzerne Kapelle erbauen zu lassen. Dieselbe stand auch noch, als sein Nachfolger, Bischof Gerold, 1156 Oldenburg besuchte und ist erst nach dieser Zeit, nachdem eine neue sächsische Colonie hier angesiedelt worden war, durch die jetzige Kirche ersetzt worden, welche Helmold eine sehr ansehnliche nennt. Sie war sicher zur Kathedrale des Bisthums bestimmt und spiegelt als solche die traurigen und kümmerlichen Verhältnisse der Kirche in jenem Gebiete und in jenem Jahrzehnt in allen Zügen. Dass die neu eingewanderten Sachsen den Backsteinbau nicht mitgebracht haben, ist sicher, sondern das haben die Niederländer gethan, welche sich jenen angeschlossen hatten; wird doch urkundlich ein »*Gerebertus advocatus Hollandorum*« hier in Oldenburg genannt. (Meklenb. Urk. B. I, 289.) Die Kirche ist also nicht 1143, sondern frühestens 1157—58 erbaut worden, aber auch nicht später, weil Bischof Gerold schon 1160 die Verlegung des Bisthums nach Lübeck durchsetzte. Daher ist die S. Johannes-Kirche eine der bestdatirten in Wagrien und sicher der älteste von Holländern errichtete Backsteinbau des Landes. Diese Annahme wird, abgesehen von dem urkundlichen Zeugnisse, noch dadurch besonders unterstützt, dass die gleichzeitig und von demselben Bischofe Gerold erbaute Kirche zu Ratekau wieder ein schlichter Granitbau geworden ist. Oldenburg sollte in jeder Weise bevorzugt werden und erhielt deshalb einen Backsteinbau.

Die traurig verunstaltete Kirche S. Michael zu Lütjenburg, einschiffig, zweijochig, kreuzgewölbt mit Quadratthurm und plattem (später verlängertem) Chore ist das treue Abbild einer westfälischen Dorfkirche vom Schlusse des XII. Jahrhunderts mit den nothwendigen Veränderungen für den Ziegelbau. Sie besitzt alle Merkmale der spätromanischen Kunst: gepaarte Rundbogenfenster und die in mildem Spitzbogen erhobenen Kreuzgewölbe. Schon mit Rücksicht auf Oldenburg würde das früheste Datum 1170—80 sein.

Von den drei übrigen Kirchen Segeberg, Eutin und Altenkrempe ist die letzte die jüngste und die relativ vollendetste. Auch bei ihr tritt sowohl in der Planbildung wie in der Struktur, besonders aber in einigen Details (Wulstrippen mit Hängezapfen u. dgl.) der westfälische

Charakter deutlich hervor. Es ist eine dreischiffige gewölbte Pfeilerbasilika mit auffallend schmalen Seitenschiffen, (ein gleichfalls westfälischer Zug) quadratem Chore und Apsis; der Thurm steht über dem ersten Joche des Mittelschiffs. Gute Verhältnisse, interessante Pfeilergliederung und mannigfaches Detail zeichnen die Kirche aus. Die stark hochstrebenden Kreuzgewölbe auf zugespitzten Schild- und Gurtbögen, Wulstrippen mit Hängezapfen im Chore, vor allem das gebundene System mit rechteckigen Kreuzgewölben gestatten kein frühes Datum. Die Kirche wird 1197 urkundlich genannt, und sie kann nicht sehr viel älter sein. Das Gleiche gilt von der grösseren Kirche S. Michael zu Eutin, die leider in gothischer Zeit ihren Chor und ihre Mittelschiffsgewölbe verloren hat. Auch sie echt westfälischer Abkunft. Das gebundene System im Innern bei schmalen Seitenschiffen, der draussen stehende quadratische Westthurm — nach innen weit geöffnet und mit lang gestreckter Mauertreppe — deuten darauf hin, während aus der mannigfachen Gestaltung der Haupt- und Zwischenpfeiler sowie aus den spitzbogigen (nur theilweis noch alten) Quergurten der Seitenschiffe in Verbindung mit dem rundbogigen Triumphalbogen die Zeitepoche von 1180—90 unverkennbar hervortritt. Trotz der Verstümmelungen in alter und neuer Zeit ist die Kirche für ihre Provinz ein beachtenswerthes Beispiel des Gewölbebaues; sie verdiente eine gewissenhafte Restauration.

Die wichtigste Kirche dieser Gruppe bleibt die von Segeberg, schon weil sie die älteste ist. Neuerdings in durchgreifender Weise wieder hergestellt — leider nicht mit derjenigen Pietät, welche man ihr unbedingt schuldig gewesen wäre — ist vom ursprünglichen Charakter viel verloren gegangen. Es ist eine gewölbte Pfeiler- und Säulenbasilika mit vier Doppeljochen nach dem gebundenen Systeme, daran ein Chorquadrat; im Westen erhebt sich der quadratische Thurm. Zwei der Säulen — jetzt die östlichen — sind durch etwas lang gezogene Bündelpfeiler ersetzt und wahrscheinlich hatten die östlich nächstfolgenden Pfeiler, welche bei der Restauration durch die Hinzufügung von Kreuzflügeln ganz beseitigt worden sind, die gleiche Form. Zu den rundschildigen Würfelkapitellen der Säulen und den Kämpfern hat man Werksteine von dichtem Gips, der in nächster Nähe ansteht, verwendet, und mit gravirten Ornamenten alterthümlichen Charakters geschmückt. Dieses Material ist auch zum Mörtel benutzt, und nicht bloss hier, sondern nach HAUPT's Angaben bei vielen Kirchen in Wagrien.

Für die Baugeschichte liegt urkundlich die Überlieferung vor, dass Kaiser Lothar bei seiner Anwesenheit in Niedersachsen 1134 den Befehl zum Bau der Kirche und des Klosters ertheilt und Güter dafür angewiesen hat. Die Ächtheit der betreffenden Urkunde wird aller-

dings bestritten (RAUMER Reg. 871), aber an der Thatsache ist wie GIESEBRECHT (Wend. Gesch. II, 352) hervorgehoben hat, kaum zu zweifeln. Indessen fragt es sich, ob die noch heut erhaltene Backsteinkirche jener Zeit wirklich angehört?

HAUPT (a. a. O. 144 und sonst mehrfach) hat sich bejahend entschieden; meiner Meinung nach mit Unrecht. Erstlich bezeugt Helmold I, 55, dass bei dem furchtbaren Wendeneinfalle unter Pribizlav 1138 »das neue Bethaus und das soeben erbaute Münster« niedergebrannt wurden. Zweitens erkennt man, dass die im Grossen und Ganzen nach einem Grundplane erbaute Kirche den sehr merkwürdigen Rest eines älteren Baues bewahrt hat. Es ist das die aus Granit hergestellte Ostmauer des Chores. Ihre Ecken — namentlich die Südecke — sind aus grossen, zum Theil kolossalen, gut behauenen und in richtigem Verbande gelagerten Granitquadern (darunter einige von über 2^m Länge und $0.50 - 0.55^m$ Höhe) aufgebaut worden, während der mittlere Theil aus unregelmässig behauenen aber solid verbundenen Feldsteinen errichtet worden ist. Die zweite Schicht über dem jetzigen — offenbar angeschütteten — Terrain zeigt in der ganzen Länge eine Abschrägung zum Beweise, dass sie einst Sockelschicht und somit der Bau, dem sie einst angehörte, platt geschlossen war. HAUPT a. a. O. 48 erklärt diesen wichtigen Baurest als Theil einer Restauration aus spätgothischer Zeit, welche nach Einsturz der Apsis (sic!) erforderlich geworden sei. Weder der Techniker noch der Kunsthistoriker kann dieser Auffassung beipflichten. Wo hat man jemals nach dem Einsturze oder dem Abbruche einer backsteinernen Apsis eine hohe und dicke Granitmauer von solcher Solidität und so kolossalen Quadern aufgeführt? Und obenein in spätgothischer Zeit, in welcher der Backsteinbau sich weit verbreitet hatte und — wie wir aus mehrfachen Rechnungen wissen — die Ziegel sehr billig waren. Nein, diese mächtige Granitmauer ist unbedingt älter, als die Backsteinkirche; sie beweist uns, was Vicelin durch kaiserliche Gunst gefördert, von 1134—37 erstrebt und geleistet hat. Die von ihm damals erbaute Kirche ist ein Granitbau gewesen wie die andern monumental behandelten Kirchen im Lande. Wie viel sie bei dem Verwüstungszuge des Pribizlav im Jahre 1138 gelitten hat, ist unbekannt; fest steht aber kraft dieser monumentalen Urkunde die Thatsache, dass man unter Erhaltung der Ostmauer an Stelle der alten Granitkirche später eine Ziegelkirche erbaut hat, welche der zweiten Hälfte des XII. Jahrhunderts angehört. Die sichere Gewissheit, dass der Bau einheitlich als vollständiger Gewölbebau nach dem gebundenen Systeme ausgeführt worden ist, schliesst jeden Gedanken aus, dass derselbe von 1134—1137 herrühren kann. In jenen Jahren war man

wohl in den Rheinlanden so weit, dass man die ersten Versuche komplett gewölbter Kirchen wagen konnte, und an einigen bevorzugten Punkten bereits gewagt hatte. Aber in Sachsen stand man damals noch überwiegend bei dem Holzdeckenbau, oder erhob sich hier und dort zur Überwölbung der Seitenschiffe.

Der Lieblingsbau Kaiser Lothar's, den er für sich und seine Gemahlin zur Grabeskirche bestimmt hatte, die Abteikirche zu Königslutter, ist eins unter vielen Beispielen, um meine Ansicht zu stützen. Die mit bedeutenden Mitteln 1135 begonnene und — wie der Augenschein lehrt — von einem begabten Künstler nach einheitlichem Plane durchgeführte Kirche, war nur in den Seitenschiffen gewölbt. Das Mittelschiff hat erst von 1693—1695 seine Gewölbe erhalten — ein sicherer Beweis, dass man das gebundene System im Jahre 1135 hier noch nicht kannte, oder nicht anzuwenden wagte. Und was ein kaiserlicher Architekt mitten im blühenden Sachsenlande, wo allerorten der regste Baubetrieb herrschte, nicht auszuführen vermochte, das soll der arme, schwach unterstützte, oft mit Nahrungssorgen für sich und die Seinen kämpfende Vicelin dicht an der feindlichen Grenze, wo es sicher mehr Räuber und Diebe als Handwerker gab, durchgesetzt haben? Glaube das, wer es vermag, der wissenschaftlichen Erkenntniss entspricht es nicht.

Die jetzige Kirche, eine der werthvollsten im Norden, ist frühestens um 1165, d. h. in der Zeit, wo endlich dauernd friedliche Verhältnisse eintraten, begonnen worden. Ihr eigenartiges Struktursystem können wir über Westfalen, den Nieder- und Ober-Rhein (Elsass) bis zur Lombardei verfolgen. Für Deutschland würde aus mehrfachen Gründen die Abtei von Knechtsteden als das nächstliegende Vorbild in Frage kommen. Da aber die Letztere erst 1138 begonnen wurde, kann selbstverständlich das an der äussersten deutschen Grenze belegene Segeberg das gleiche System nicht vier Jahre früher besessen haben.

Aus dieser baugeschichtlichen Prüfung ergiebt sich nach meiner Überzeugung der Schluss, dass die Ziegelkirchen in Wagrien sämmtlich jünger sind, als die ältesten in der Mark, und ich könnte hiermit schliessen, wenn nicht Haupt zur weiteren Begründung seiner Ansicht (a. a. O. S. 76 und 79) noch auf die Krypta des Domes von Hamburg hingewiesen und endlich zu der kühnen Behauptung (S. 79) sich verstiegen hätte: »um die Mitte des XII. Jahrhunderts blüht er (der Ziegelbau) von Niederland bis nach Polen hin.« Hoffentlich liefert er uns recht bald die nothwendigen Beweise für diese ebenso neue wie haltlose Behauptung; vorläufig muss ich ihm entgegnen, dass die wenigen sicher datirbaren Baudenkmäler in Polen aus der Mitte des XII. Jahrhunderts entweder Granit- oder Sandsteinbauten sind. Was

ferner den alten Dom von Hamburg anbetrifft, so hat Stöter in seinem verdienstvollen Werke über denselben alles Nothwendige in zutreffender Weise gesagt. Der aus traurigen Nützlichkeitsgründen 1806 abgebrochene Bau stammte einschliesslich seiner Krypta aus dem XIII. Jahrhundert, wie für jeden Kenner der mittelalterlichen Baukunst aus der Vedute auf Blatt 31 (oben) des Stöter'schen Buches ohne Weiteres erhellt. Eine Krypta mit Rippengewölben hat es 1106 überhaupt noch nicht gegeben, weder in Frankreich noch in Deutschland, am wenigsten aber in Hamburg.

In den östlichen Nachbargebieten Wagriens, also in den Diöcesen Mecklenburg (Schwerin) und Ratzeburg sind alte d. h. um oder vor 1150 errichtete Backsteinkirchen ebensowenig erhalten, als in der Diöcese Aldenburg (Lübeck). Soweit mir bekannt, existirt in beiden Sprengeln keine Ziegelkirche von dem alterthümlich schlichten Gepräge, wie S. Johannes zu Oldenburg, geschweige denn ein Bauwerk von dem künstlerischen Werthe Jerichows, Man hat sich hier selbst nach dem Jahre 1160, welches seit vielhundertjährigen Kämpfen deutscherseits wieder ein Vorrücken auf der ganzen Linie mit sich brachte, noch vielfach mit ärmlichen Nothdurftsbauten beholfen, weil der rauhe Kampf um's Dasein eine monumentale Befriedigung kirchlicher Wünsche ausschloss. Die ganze Sachlage kann nicht besser illustrirt werden, als durch die in den Pöhlder Jahrbüchern wie in der Petersberger Klosterchronik aufbewahrte Nachricht zum Jahre 1163, dass Heinrich der Löwe bei Einsetzung des Domkapitels in Lübeck eine hölzerne Kirche der Maria und dem h. Nikolaus habe einweihen lassen; eine Nachricht, deren gewichtigen Inhalt Haupt (a. a. O. 166) durch eine gewundene Auslegung aber mit wenig Glück zu vermindern sucht. Gewiss war diese Holzkirche ein Bedürfnissbau, aber dass man drei Jahre nach der beschlossenen Verlegung des Bisthums noch nicht weiter war, noch kein steinernes Gotteshaus besass, beweist doch unzweideutig, welche Schwierigkeiten zu überwinden waren, selbst an Plätzen, welche die starke Hand des Sachsenherzogs schirmte und förderte. Und welchen Wechselfällen die deutschen Ansiedlungen im Wendenlande fortdauernd ausgesetzt waren, erhellt am besten aus der Thatsache, dass sechs Monate nach jener Einweihung die nur wenige Stunden von Lübeck entfernte Veste Meklenburg von den Slaven im Sturm erobert, die sämmtlichen Männer getödtet und Weiber und Kinder gefangen fortgeführt wurden. Jene erschlagenen Männer waren aber die vor etwa drei Jahren hier eingewanderten Flamländer; mit einem Schlage war die Colonie nach kurzem Bestehen vernichtet.

Erst im Jahre 1173, zehn Jahre nach der Einweihung der Holzkirche zu Lübeck, wurde daselbst der Grundstein zu einem neuen Dome gelegt,

von welchem erhebliche Bautheile noch heute vorhanden sind. Es wurde ein gewölbter Backsteinbau: Pfeilerbasilika nach dem gebundenen Systeme, im strengen Schema wie in der schlichten Detailbildung dem gleichzeitig begonnenen Dome zu Braunschweig auf das Engste verwandt; ein Bau, der durch seinen Maasstab die älteren Ziegelkirchen der Mark Brandenburg völlig in den Schatten stellt und ein glänzendes Zeugniss für die Machtfülle und die politischen Absichten Heinrich's des Löwen noch heute abgiebt. Und wie für Lübeck sorgte der Sachsenherzog auch für das Bisthum Ratzeburg. Indessen ist der dortige Dom, wenn auch gleichzeitig oder bald darauf begonnen, in Folge der nicht aufhörenden politischen Wirren und Kämpfe, zumal nach der Ächtung Heinrich's — 1179 — sehr langsam gefördert und schwerlich vor 1190—95 beendigt worden, wie die Nachricht, dass Heinrich 1189 an den Dom zu Ratzeburg die bei der Zerstörung Bardewiecks geraubten Kirchengeräthe geschenkt habe, andeutet, und wie es aus der vergleichenden Untersuchung des inneren Systems mit denen anderer Backsteinkirchen in der Mark, in Mecklenburg, Dänemark und Pommern in unzweifelhafter Weise hervorgeht. Nach meiner Ansicht ist Ratzeburgs Dom das vollendetste Werk der reifen romanischen Gewölbebaukunst im Ziegelbau und steht dem Repräsentanten des älteren ungewölbten Basilikenschemas, der Klosterkirche von Jerichow, ebenbürtig zur Seite; zwischen beiden hält Diesdorf die Mitte. Wahrscheinlich sind alle drei Kirchen Kinder desselben Vaters, nämlich von einem und demselben Prämonstratenser-Mönche Isfried, welcher, in besonderer Gunst bei Heinrich dem Löwen stehend, 1204 als Bischof von Ratzeburg starb, entworfen und erbaut worden.

Zu derselben Zeit wie im Westen sind auch im Osten von Mecklenburg neue Pflanzstätten des Christenthums und der Germanisirung entstanden, wie die Kapelle von Althof 1164, das Kloster Dobberan 1169 und das von Dargun 1170—72, welches mit dänischen Mönchen aus Esrom besetzt wurde. Aber in Folge der furchtbaren und trotz aller Niederlagen nicht aufhörenden Verwüstungseinfälle der Wenden sind jene Kirchen wieder zerstört (1179 und 1188) und erst in späterer Zeit in wesentlich anderem Gewande von neuem erbaut worden. Daher enthält — wie bereits LISCH mehrfach betont hat — Mecklenburg keine Backsteinkirchen aus der Mitte des XII. Jahrhunderts und die relativ ältesten befinden sich nur im Sprengel von Ratzeburg. Dieselben tragen durchweg spätromanische bis zum gothischen Übergangsstile reichende Stilformen und einzelne derselben, wie die Kirchen zu Grevismühlen, Gadebusch, Klütz u. A., lassen sogar noch heut die Heimat ihrer Erbauer — der eingewanderten Westfalen — ebenso deutlich erkennen, wie die oben genannten in Wagrien.

Auch in der Mark Brandenburg hat es weder an zähem Widerstande noch an vernichtenden Vorstössen der heidnischen Slavenwelt gegen die fröhlich aufkeimende christlich-deutsche Kultur gefehlt. So ist wie oben bereits bemerkt, die Dorfkirche Luckeberg vor Brandenburg 1156 schwer beschädigt worden; dem gleichen Schicksale erlag die Holländer-Colonie auf dem Damme vor Jüterbogk, sowie das Cistercienser-Kloster Zinna 1179 u. m. a. Dennoch ist hier — namentlich in der Altmark und im Lande Jerichow — bedeutend mehr Material zur Prüfung der Frage über die Verpflanzung und erste Ausbreitung des Ziegelbaues in Norddeutschland gerettet worden, als irgendwo anders und vorläufig behält die Klosterkirche von Jerichow noch immer den Ruhm, den Reigen der Backsteinbaukunst in Norddeutschland zu eröffnen.

Aus der, wie ich glaube, sicher erwiesenen Thatsache, dass um die Mitte des XII. Jahrhunderts die eingewanderten Niederländer den Ziegelbau nach den rechtselbischen Gebieten übertragen haben, folgt mit Nothwendigkeit, dass derselbe in den Niederlanden früher geübt worden sein muss und hieran knüpft sich die weitere Frage: war er dort alteinheimisch oder bereits verpflanzt, etwa von Gallien oder von England her? Diese Frage in entscheidender Weise sicher zu beantworten, muss den holländischen Kunsthistorikern überlassen werden, da es für einen Fremden kaum möglich ist, in die entlegensten Kirchspiele vorzudringen, um in methodischer Forschung die ältesten Baureste zeichnend zu sammeln und mit denen der Nachbarländer zu vergleichen. Meine bisherigen Studien über diesen Gegenstand, unterstützt von einer Reise durch einige Provinzen Belgiens und Hollands, haben mich zu der Ansicht geführt, dass der Backsteinbau seit der römischen Zeit hier sich behauptet und in gewissen flandrischen, holländischen und friesischen Distrikten im XI. und XII. Jahrhundert einen besonderen Aufschwung genommen hat.

Hierüber schliesslich einige Andeutungen. Die römische Herrschaft hat auch in dem Mündungsgebiete der Schelde und des Rheins die sicheren Spuren ihrer Existenz hinterlassen; ein Hauptvertreter ist wieder der römische Ziegel. Derselbe fehlt weder am nördlichen Grenzsaume zu Nymwegen, Arnheim, Utrecht wie in der Mitte des Landes, zu Tongern, Maestricht, Bavai, Cambrai u. s. w. Stücke von römischen Militärstrassen sind nachgewiesen worden, noch mehr Ziegelfussböden und Hypokausten. Das Fragment eines edlen und reich durchgebildeten Backsteinbaues ist aus Bavai bekannt; grössere wie kleinere Hausanlagen sind in Maestricht, Fourou-le-Comte, Bavai, Sommerain, Rombly-en-Sable u. s. w. aufgetaucht. Die gemischte Backsteinbauweise ähnlich der von Trier und Pfalzel zeigen noch heut der Cirkus von Bavai, ein Theil

des Castells von Famars, die Mauern von Tongern u. A. — kurz an der weiten Verbreitung und mehrhundertjährigen Pflege der Ziegeltechnik ist nicht zu zweifeln. Für ihre weitere Fortdauer während der merovingischen Epoche sprechen die Ziegel, welche 1846 und 1847 in den fränkischen Gräbern von Lede bei Alost in Ostflandern (aus dem VI. Jahrhundert) und bei späteren Ausgrabungen in der Abtei S. Bavon zu Gent (Kreuzgang aus dem IX. Jahrhundert) gefunden wurden. Dass zur Zeit Karls des Grossen der Backsteinbau in diesen Gegenden noch mit Erfolg geübt wurde, beweisen die schon in der Einleitung erwähnten ältesten aus Tuff- und Ziegelreihen konstruirten Bautheile an der kleinen um 800 vollendeten Polygonbasilika auf dem Valkhofe zu Nymwegen.

Dazu kommen bestimmte Angaben über die lange noch in antiker Weise aus Platt- und Deckziegeln hergestellten Ziegeldächer, welche erst seit dem Ende des XI. Jahrhunderts langsam durch die Schieferdächer verdrängt wurden. So erhielt beispielsweise die Kirche der reichen Abtei von Lobes im Hennegau 1162 statt des Ziegeldaches ein Schieferdach, ein Ereigniss, welches der Chronist anzuführen nicht vergessen hat. Ferner lässt sich die fortgesetzte Pflege, ja eigenartige Fortentwicklung der Ziegeltechnik in Flandern und Brabant an den merkwürdigen zum Theil glasirten Fliesen erkennen, welche — dem XI. und XII. Jahrhundert entstammend — in verschiedenen Städten, in Antwerpen, Gent und Maestricht gefunden worden sind. Noch im vorigen Jahrhunderte war, wie Martene und Durand berichten, in der Krypta der Abtei Lobes ein sehr alter Ziegelaltar ohne Deckplatte vorhanden, ein Beweis für die Unentbehrlichkeit dieses Materials, wenn natürliche Gesteine nicht zur Verfügung standen. Mit Recht sagt daher der beste Kenner dieser Verhältnisse, Eyck van Zuylichem in seinen *Églises romanes du royaume des Pays-Bas:* »*quand je dis pierre il faut y comprendre aussi bien des briques que des pierres de taille, car depuis le temps des Romains on a fait un grand usage de briques, qu'on pouvait facilement se procurer partout dans les terrains argileux, tandis que des pierres de taille devaient être transportées à grands frais des bords du Rhin ou de l'Escaut*«.

Dennoch ist es schwierig, alte Ziegelkirchen aus dem XI. oder dem Anfange des XII. Jahrhunderts nachzuweisen. Einmal sind die meisten romanischen Werke dieser Art in den Städten durch Bauten des Übergangsstils, der Hoch- und Spätgothik nach und nach verdrängt worden. Zweitens hat das starke Anwachsen der Bevölkerung auf einem Terrain, welches die Angriffe des Meeres immer mehr einschränkten, selbst an den Dorfkirchen häufige Um- und Erweiterungsbauten veranlasst, welche oft zu Materialwechsel und Übertünchung führten, so dass

analytische Untersuchungen schwierig sind. Drittens wurden durch die elementaren Einflüsse eines rauhen Seeklimas in Verbindung mit der dem Mittelalter eigenthümlichen sorglosen Fundamentirung Neubauten nothwendig, welche an die Stelle altehrwürdiger, aber unbeachteter Schöpfungen traten. Endlich sind viele und theilweis sehr alte Kirchen bei den furchtbaren Sturmfluten, welche besonders die Provinzen Seeland, Holland und Friesland Jahrhunderte hindurch verwüstet haben, untergegangen. Trotz aller dieser ungünstigen Momente ist wahrscheinlich doch noch mehr erhalten, als augenblicklich bekannt ist, wo es an einer grundlegenden Kunststatistik, die sämmtliche Denkmäler des Landes umfasst, noch fehlt.

Zu den unzweifelhaft ältesten Denkmälern, deren Kenntniss ich der stets zuverlässigen Hülfe meines früheren Zuhörers, des Architekten Hrn. Nieuwenhuis in Utrecht verdanke, gehören die Kirchen zu Renhum und der (leider vor einiger Zeit abgebrochene) Thurm zu Oudorp (im X. Jahrhundert Aldenthorp) bei Alkmaar. Der letztere besass alle Kennzeichen eines sehr hohen Alters: Steine von ungleichem Formate und geringer Härte, einen angestrebten aber ohne Consequenz durchgeführten Verband, mittelmässigen, aus Seemuschelkalk hergestellten Mörtel, schmale Ecklesinen, zwei Sorten Bogenfriese von urthümlich schlichter Fassung u. s. w. Aus einer etwas jüngeren Zeit (dem Anfange des XI. Jahrhunderts) wird der Unterbau des Westthurmes von Herzogenbusch, sowie die Dorfkirche von Gent bei Nymwegen herrühren, welche — in ungenügender Weise bei Eyck a. a. O. Pl. IV. 4 abgebildet — die frühe Verbindung von Tuffpfeilern mit Ziegelsteinen zeigt. Ferner gehören hierher einige Kirchen in denjenigen Provinzen — Gröningen und Friesland — in welchen der Tuff eine nur geringe Verbreitung gefunden und der Ziegel sich stets behauptet hat, nämlich Britswert, Schingen, Jorwert, Schalsum, Aalsum, Hogebeintum u. s. w. Was diese Kirchen für unsere Frage so werthvoll macht, ist die Thatsache, dass sowohl die Planbildung (Westthurm, oblonges Langhaus, Quadratchor und Apsis) wie die Detailformen (halbrunde oder flache Lesinen, Bogen- und Stabfriese, Sägeschichten, Fenster und Portale) und endlich die Formate mit denen der ältesten Kirchen in der Mark Brandenburg übereinstimmen. Besonders interessant sind dabei zwei zuweilen vorkommende Momente: das Absetzen der Mauern nach aussen hin und die Anwendung zarter halbrunder Lesinen an der Apsis, denn beide Momente verbunden zeigt die merkwürdige S. Nikolauskirche vor der Altstadt Brandenburg als ein untrügliches Kriterium für ihre echt niederländische Abkunft.

Bei einer näheren Prüfung dieser Beispiele darf nicht übersehen werden, dass alle die genannten Kirchen in Friesland und Holland

liegen. Da aber unter den Einwanderern sowohl bei Helmold wie in den Urkunden neben Friesen und Holländern auch mehrfach Seeländer genannt werden, so wird die spätere Untersuchung auch auf diese Provinz sich zu erstrecken haben, selbst auf die Gefahr hin, dass die Ausbeute gering sein sollte, weil kaum ein anderer Landestheil von den späteren Sturmfluten des XII. und XIII. Jahrhunderts so schwer gelitten hat, wie dieser. Trotz des fragmentarischen Charakters erhellt aus dem Gesagten zur Genüge, dass thatsächlich hinreichendes Material in Holland vorhanden ist, um in unserer Frage weitere und sichere Entscheidungen herbeizuführen. Es ist daher in hohem Maasse befremdlich zu hören, dass auf dem Archäologencongresse zu Antwerpen, wo von Quast und Worsaae die Anfrage stellten, ob alte Backsteinbauwerke im Lande bekannt seien, die anwesenden belgischen und holländischen Archäologen von einer Priorität ihres Vaterlandes im Ziegelbaue nichts wissen wollten. In Folge dieser nach den obigen Mittheilungen sich selbst richtenden Erklärung hat sich ein so gewissenhafter Forscher wie Kornerup veranlasst gesehen, auf die Herkunft des Backsteinbaues aus den Niederlanden zu verzichten und Italien als Heimat wieder in den Vordergrund zu stellen. Ein sehr verzeihlicher Irrthum. Wie oben bereits bemerkt, haben die schlichten von Anfang an reducirten Details des altchristlichen und des daraus sich entwickelnden frühromanischen Backsteinbaues sich nach Norden hin weit verbreitet und sind ein wesentlicher Bestandtheil des Formenschatzes der deutschromanischen Baukunst geworden. Besonders empfahl sich ihre Verwendung in den Gebieten des Tuffsteinbaues und so treffen wir am Nieder-Rheine bis zur Mündung hin alle jene Details massenhaft verwendet, zumal bei Dorfkirchen. Aus diesem naturgemässen Verhältnisse würde schon die Ähnlichkeit niederländischer beziehungsweise norddeutscher Backsteinbauten sich erklären. Es kommt aber noch ein anderes hinzu; man hat am Mittel- wie am Nieder-Rheine mehrere Male lombardische Bauwerke mit grösseren oder geringeren Abänderungen nachzubilden gesucht. Solche Beispiele sind allerdings im Ganzen wohl selten gewesen. Ich beschränke mich darauf, zwei Beispiele zu nennen: 1. den Chor der S. Paulskirche zu Worms (in den Hauptzügen nochmals wiederholt am Dome zu Fritzlar) und 2. die 1813 abgebrochene Liebfrauenkirche zu Utrecht. Der Ersteren liegt die Apsis von S. Maria maggiore in Bergamo zum Grunde; der Letzteren — wie in Utrechter Geschichtsquellen gemeldet wird — eine durch das Heer Kaiser Heinrich's des IV. zerstörte Kirche zu Mailand. Nach alten und guten Abbildungen (die Eyck'schen sind sehr mangelhaft), welche ich gleichfalls der Güte des Herrn Nieuwenhuis verdanke, war die 1082 aus Tuffsteinen und Ziegeln erbaute Liebfrauen-

kirche eine kombinirte Ableitung von zwei lombardischen Werken, von S. Ambrogio in Mailand und von dem Dome zu Novara. Ein so ansehnliches, mit kaiserlicher Munificenz aufgeführtes Bauwerk war sehr wohl im Stande, den schon bestehenden aus Oberitalien stammenden Formenschatz mit neuen und echt lombardischen Details zu bereichern, so dass später gerade im Sprengel von Utrecht bei dem Aufblühen des Backsteinbaues eine Detaillirung sich entwickeln konnte, welche in den märkischen Ziegelkirchen uns mehrfach etwas italisch anmuthet. Wenn ich mit dieser Beweisführung der Ansicht meines verewigten Freundes VON QUAST entgegentreten muss, so kann ich ebenso wenig die Vermuthung DEHIO's theilen, dass der Erzbischof Hartwig von Bremen in Folge häufiger Anwesenheit in Italien den Ziegelbau direct von der Lombardei nach Norddeutschland vermittelt habe. Dafür fehlt es an jeder Unterstützung durch Urkunden, Nachrichten oder Denkmäler. Vielmehr zeigen gerade die ältesten Bauwerke der Mark, wie beispielsweise S. Nikolaus vor Brandenburg in den Mauerabsätzen der Apsis nach aussen hin, den engsten Anschluss mit holländisch-friesischen Kirchen, aber nicht mit lombardischen, denen diese Eigenthümlichkeit vollständig fremd ist. Ich glaube daher, dass die hier in aller Kürze gegebene Darstellung über den Ursprung des Backsteinbaues in den baltischen Ländern den historischen wie natürlichen Verhältnissen am meisten entspricht und durch weitere Untersuchungen noch mehr bestätigt werden wird.

Mein perspectivischer Apparat.

Von Guido Hauck.

(Hierzu Tafel I und II.)

I.

Einleitung.

a. Die Grundidee.

Die *darstellende Geometrie* (im engeren Sinne des Wortes) befasst sich mit der Aufgabe, gegebene räumliche Objecte in Central- oder Parallelprojection unter gegebenen Bedingungen *darzustellen*. Da aber ein räumliches Object nach Gestalt und Lage im Raum im allgemeinen selbst wieder durch zwei Projectionen bestimmt ist und in der Mehrzahl der Fälle auch wirklich durch zwei Projectionen gegeben vorliegt, so kann die Fundamentalaufgabe der darstellenden Geometrie dahin präcisirt werden:

Es ist aus zwei gegebenen Projectionen eines räumlichen Gebildes irgend eine dritte Projection zu ermitteln.

Sind speciell die zwei gegebenen Projectionen orthogonale Parallelprojectionen (z. B. Grundriss und Aufriss), und soll die gesuchte dritte Projection eine Centralprojection sein, so liegt das Problem der *technischen Perspective* vor.

Sind andererseits die zwei gegebenen Projectionen Centralprojectionen (etwa zwei Photographieen), und soll die gesuchte dritte Projection eine orthogonale Parallelprojection (Grundriss oder Aufriss) sein, so liegt das Problem der *Photogrammetrie* vor.

Es lag nun der Gedanke nahe, die Lösung der in Rede stehenden Aufgabe auf mechanischem Wege zu bewirken, das heisst: die bezüglichen geometrischen Constructionen in einen mechanischen Apparat umzusetzen, welcher — bestehend aus einem kinematisch verketteten Gestänge mit zwei Führungsstiften und einem Zeichenstift — die Constructionen in der Art mechanisch ausführt, dass, wenn man mit den zwei

Führungsstiften die zugeordneten Linien der zwei gegebenen Projectionen durchfährt, gleichzeitig der Zeichenstift die entsprechende Linie der gesuchten dritten Projection beschreibt.

Die praktische Bedeutung eines solchen Apparates dürfte weniger in der durch ihn ermöglichten Ersparniss an Zeit und Mühe, als in dem Umstand zu erblicken sein, dass derselbe — mit der Feinheit hergestellt, deren die heutige mechanische Technik fähig ist — eine mathematische Genauigkeit der durch ihn gezeichneten Figuren gewährleistet, was namentlich für complicirtere Curvencombinationen von Wichtigkeit ist. Beispielsweise sei mit Beziehung auf die *photogrammetrische* Methode daran erinnert, dass es bisher der praktischen Geometrie nur in der Weise möglich war, Curven aufzunehmen, dass man einzelne Punkte derselben festlegte, welche dann durch einen stetigen Curvenzug aus freier Hand verbunden werden mussten. Die *Photogrammetrie* aber stellt nun mit Hilfe des in Rede stehenden Apparates die Möglichkeit in Aussicht, Curven in ihrem ganzen continuirlichen Verlauf unmittelbar aufzunehmen; nämlich dadurch, dass man von dem betreffenden Objecte zwei Photographieen herstellt und auf diesen die fragliche Curve mit den Fahrstiften des entsprechend eingestellten Apparates durchfährt, wobei dann der Zeichenstift selbständig die Grundriss- bezw. Aufrissprojection der Curve beschreibt.

b. Historisches und Kritisches.

Das erste Modell eines Apparates, welcher den vorstehend skizzirten Gedanken, und zwar für die Aufgabe: *Perspective aus Grundriss und Aufriss*, realisirte, hatte ich im August 1882 fertiggestellt und in privaten Kreisen vielfach mitgetheilt. Ein zweites, wesentlich vollkommeneres Modell wurde von mir in der Sitzung der *Physikalischen Gesellschaft* zu *Berlin* am 4. Mai 1883 publicirt.[1] Obwohl eigene Handarbeit —, zeichnete dasselbe mit einer für gewöhnliche Zwecke vollkommen ausreichenden Genauigkeit. Indessen glaubte ich mit der endgiltigen Übergabe an den Mechaniker noch zögern zu sollen, bis ausgedehntere praktische Übungen am Modelle zu noch weiterer Vervollkommnung des Apparates geführt haben würden.

In der Zwischenzeit, und zwar im October 1883, wurden beim Kaiserlichen Patentamte zwei Apparate zur Patentirung angemeldet, welche einen ähnlichen Zweck verfolgen, — der eine am 12. October 1883

[1] Einen Bericht darüber habe ich in den »*Verhandlungen der physikalischen Gesellschaft in Berlin*«, 1883, No. 8 (Sitzung vom 4. Mai. Ausgegeben am 16. Mai) veröffentlicht. Derselbe ist in eine Reihe von wissenschaftlichen Zeitschriften übergegangen.

von Herrn *Alexander Brix* in Frankfurt a. M., (Patentschrift Nr. 27646), der andere unter der Bezeichnung *Perspectograph* am 13. October 1883 von Herrn *Hermann Ritter* in Frankfurt a. M. (Patentschrift No. 29002). Der erstere ist mir nur aus der Patentschrift, der letztere durch eigene Anschauung bekannt. Ich beziehe mich daher im Folgenden vorzugsweise auf letzteren.

Beide Apparate lösen jedoch nicht die eigentliche Aufgabe, das perspectivische Bild eines räumlichen Objectes auf rein mechanischem Wege zu construiren, sondern beschränken sich auf die mechanische Zeichnung von ebenen Figuren. Sie bilden demgemäss ein blosses Analogon zum *Storchschnabel.* Wie dieser zu einer ebenen Figur eine ihr ähnliche zeichnet, so zeichnen die genannten Instrumente zu einer ebenen Figur eine collineare. Die Lösung der bezüglichen Aufgabe ist namentlich bei dem *Ritter*'schen Perspectographen als eine recht sinnreiche zu bezeichnen.

Die mechanische Ausführung der Perspective eines räumlichen Objectes kann von den Apparaten wenigstens theilweise dadurch bewirkt werden, dass das Object durch einzelne horizontale oder verticale Parallelschnitte in ebene Figuren aufgelöst wird, deren Perspectiven der Apparat zeichnet, während alle nicht in diesen Schnitten liegenden Linien nachträglich von der Hand eingezogen werden müssen.

Solche Parallelschichten bieten sich in der That bei architektonischen Objecten meist von selbst dar, und es können daher im allgemeinen die Perspectographen dem Architekten als praktisches Hilfsmittel entschieden empfohlen werden.

Dagegen erweisen sie sich als weniger geeignet für solche Objecte, welche ihrer Natur nach keine oder nur wenige natürliche Parallelschnitte aufweisen, wie dies z. B. schon bei Rundbauten mit verticalen Bogenstellungen, namentlich aber bei Werken der Gothik (z. B. Interieurs von gothischen Kirchen u. dgl.) vielfach der Fall ist. Hier tritt eine grosse Anzahl von Curven auf, von denen mittelst Annahme von horizontalen Schichten durch den Apparat nur einzelne Punkte geliefert werden, die nachträglich aus freier Hand verbunden werden müssen.

Was ferner die Einfachheit der Handhabung der Apparate anlangt, so ist gegen dieselbe Verschiedenes zu bemerken. Der *Ritter*'sche Perspectograph erfordert bei Anwendung von horizontalen Schichten die vorherige Anfertigung von zwei Höhenskalen des Gebäudes, welche an zwei verschiedenen Stellen des Apparates aufgeheftet werden, worauf für jede einzelne Schnittfigur zwei Markirstifte auf gleiche bezügliche Theilstriche der Skalen einzustellen sind. Dabei erfolgt der Übergang über den Horizont nicht umstandslos. Bei Anwendung von verticalen

Schichten (parallel einer Façade) erfordert ausserdem der Übergang von einer Schichte zur andern im allgemeinen ein jedesmaliges Verschieben der Originalzeichnung. Beim Übergang von horizontalen zu verticalen Schichten muss der gesammte Apparat neu aufgesetzt und eingestellt werden. Auch ist die Wahl der Bildebene nicht unbeschränkt, (sie darf das Object nicht schneiden).

Ein wesentlicher Übelstand ist ferner darin zu erblicken, dass das Durchfahren von geraden Linien im Verhältniss zur Anwendung des Lineals sehr zeitraubend ist, und zwar um so mehr, je schärfer man die Linien zu ziehen sich bemüht. Man erhält aber selbst bei der grössten Aufmerksamkeit einen zitterigen Strich, der den mit dem Lineal gezogenen nicht ersetzen kann. Bei geradlinigen architektonischen Objecten bleibt daher nichts übrig, als die Perspective zunächst nur punktweise mittelst des Apparates zu bestimmen und nachträglich sämmtliche Linien mit dem Lineal nachzuziehen.

Alle die genannten Übelstände sind bei dem von mir construirten Apparat nicht, bezw. nur in verschwindend geringem Maasse vorhanden. Wenn derselbe auch in seiner heutigen Gestalt mich selbst noch nicht vollkommen befriedigt, so zeigt er sich doch den beiden patentirten Erfindungen, vor denen er zudem die Priorität für sich in Anspruch nimmt, sowohl hinsichtlich der Leistungsfähigkeit, als hinsichtlich der Einfachheit der Handhabung sowie der Schärfe der Linienzeichnung in einer Weise überlegen, dass ich mit der Veröffentlichung der Theorie nunmehr nicht länger zögern zu dürfen glaube.

Die im Folgenden gegebene Beschreibung bezieht sich auf das für die Aufgabe: *Perspective aus Grundriss und Aufriss* zugerichtete Modell, welches am 4. Mai 1883 der *Physikalischen Gesellschaft* vorgelegen hatte. Dasselbe ist auf *Taf. I* abgebildet.

II.

Die geometrische Construction.

Die Theorie des Apparates beruht auf einer geometrischen Construction, für welche ich das Princip im 95. Band des *Journals für Mathematik* veröffentlicht habe.[1] Der gegenwärtige Abschnitt giebt die bezügliche Specialconstruction in entsprechend modificirter Detailausführung.

[1] Vergl. G. HAUCK: *Neue Constructionen der Perspective und Photogrammetrie (Theorie der trilinearen Verwandtschaft ebener Systeme, I. Artikel).* Journal für Mathematik, 95. Band, S. 1.

a. Fundamentalsatz.

P und P' (s. *Taf. II, Fig. 1*) seien zwei Projectionsebenen, die sich in der als *Grundschnitt* bezeichneten Linie $\mathfrak{g}$ schneiden; O und O' seien die zugehörigen Projectionscentren. Die Verbindungslinie $O\,O'$ schneide die Ebenen P und P' beziehungsweise in den Punkten p und p', welche als die *Kernpunkte* der betreffenden Projectionsebenen bezeichnet werden. Dieselben haben die Bedeutung, dass jeder die seinem Projectionssystem entsprechende Abbildung des gegnerischen Projectionscentrums vorstellt.

Sind nun x und x' die beiderseitigen Projectionen irgend eines Objectpunktes X, so müssen sich die nach ihnen gezogenen *Kernstrahlen* $p\,x$ und $p'x'$ in einem und demselben Punkte g des Grundschnittes $\mathfrak{g}$ schneiden. Denn die drei Ebenen P, P' und $O\,O'X$ schneiden sich nach den Linien px, $p'x'$ und $\mathfrak{g}$; die Schnittlinien dreier Ebenen müssen aber in einem Punkte zusammentreffen.

Da das Gesagte für die Projectionen x, x' eines jeden Objectpunktes gilt, so hat man den Satz:

Die beiden Projectionsfiguren werden von den *Kernpunkten* aus durch zwei Strahlenbüschel projicirt, welche den *Grundschnitt* nach einer und derselben Punktreihe schneiden.

Der Satz erleidet keinerlei Alteration, auch wenn eines der beiden Projectionscentren, z. B. O' in's Unendliche fällt, wenn also die Projection auf P' eine Parallelprojection ist.

In dem besonderen Falle, wo hierbei das von O'_∞ ausgehende projicirende Parallelstrahlenbündel parallel zu der andern Projectionsebene P ist, fällt der Kernpunkt p in unendliche Entfernung, und wird also aus dem Kernstrahlenbüschel p ein Parallelstrahlenbüschel, welches dem projicirenden Strahlenbündel O'_∞ parallel ist.

Auf dem vorstehenden *Fundamentalsatz* beruht die ganze Construction.

b. Präcisirung der Aufgabe.

Das Object sei gegeben durch *Aufriss* P' und *Grundriss* P^0. Wir bezeichnen die horizontale Richtung parallel zur Aufrissebene als *Breitenrichtung*, diejenige senkrecht zur Aufrissebene als *Tiefenrichtung*. Bei Objecten, welche zwei besonders ausgeprägte horizontale Hauptrichtungen darbieten (wie bei geradlinigen architektonischen Objecten immer der Fall), wird im Folgenden stets angenommen, dass die Aufrissebene parallel zu einer dieser Hauptrichtungen gewählt sei, so dass also unter *Breitenrichtung* und *Tiefenrichtung* zugleich die zwei Hauptrichtungen des Gebäudes verstanden sind. — Die zwei Hauptrichtungen der Zeichen-

ebene werden im Folgenden kurz durch *horizontal* und *vertical* gekennzeichnet.

Die Lage des *Auges* O und der *Bildebene* P zum Object sei in einer als Grundrissprojection aufzufassenden *Vorbereitungsfigur* (s. *Taf. II, Fig. 2*) gegeben[1]. In derselben stellen sich die Bildebene P und die Aufrissebene P' als gerade Linien, ihre Schnittlinie $\mathfrak{g}$ als Punkt dar. Die Grundrissprojection des Auges sei o, die Augenhöhe sei $= h$.

c. Beziehung zwischen Bildfigur und Aufrissfigur.

Wendet man den *Fundamentalsatz* zunächst auf die Bildprojection P und die Aufrissprojection P' an (vergl. *Fig. 2*), so stellt $\mathfrak{g}$ den bezüglichen *Grundschnitt* vor; das der Bildebene P zugehörige Projectionscentrum ist O, das der Aufrissebene P' zugehörige Projectionscentrum O' fällt in's Unendliche, und zwar in der Richtung senkrecht zu P'. Der in dieser Richtung durch O gezogene Strahl schneidet die betreffenden Projectionsebenen in den *Kernpunkten* p' und p. Die Grundrissprojectionen dieser Punkte sind in *Fig. 2* durch die gleichlautenden Buchstaben bezeichnet; sie liegen in einer Höhe über der Grundrissebene gleich der Augenhöhe h. Man beachte noch, dass p' identisch ist mit der Aufrissprojection des Auges, und dass p den Fluchtpunkt der *Tiefenlinien* vorstellt, (in Übereinstimmung mit der oben gemachten Bemerkung, dass von den zwei Kernpunkten jeder die seinem System entsprechende Abbildung des gegnerischen Projectionscentrums repräsentirt).

Taf. II, Fig. 3 (obere Partie) zeigt Bildfigur P und Aufrissfigur P' in wahrer Gestalt, jede mit ihrem zugehörigen Kernpunkt p, bezw. p'. Die Lage des Grundschnittes ist in der Bildfigur durch $\mathfrak{g}$, in der Aufrissfigur durch $\mathfrak{g}'$ bezeichnet. Die durch p und p' senkrecht zu $\mathfrak{g}$ und $\mathfrak{g}'$ gezogenen Linien, welche $\mathfrak{g}$ in γ —, $\mathfrak{g}'$ in γ' schneiden mögen, stellen in jeder Figur die *Horizontlinie* vor. Die gegenseitigen Entfernungen des Kernpunktes p', des Grundschnittes $\mathfrak{g}'$ und der Aufrissfigur müssen übereinstimmen mit den entsprechenden Entfernungen in *Fig. 2*. Nämlich: Ist b' der äusserste auf der Horizontlinie liegende Punkt der Aufrissfigur, so müssen die Strecken $p'\gamma'$ und $\gamma' b'$ der *Fig. 3* gleich den entsprechenden Strecken $p'\mathfrak{g}$ und $\mathfrak{g} b^0$ der *Fig. 2* sein. Desgleichen muss mit Beziehung auf die Bildfigur die Strecke $p\gamma$ der *Fig. 3* gleich der Strecke $p\mathfrak{g}$ der *Fig. 2* sein.

Nach dem *Fundamentalsatz* schneiden nun die zwei Strahlenbüschel, welche die Bildfigur und die Aufrissfigur beziehungsweise von p und p'

[1] Mit den Buchstaben P, P', P^0 mögen im Folgenden stets sowohl die Projectionsebenen, als die bezüglichen Projectionsfiguren bezeichnet werden.

aus projiciren, die Linien $\mathfrak{g}$ und $\mathfrak{g}'$ nach congruenten Punktreihen. Sind also x und x' irgend zwei entsprechende Punkte beider Figuren und schneiden die Strahlen px und $p'x'$ die Linien $\mathfrak{g}$ und $\mathfrak{g}'$ beziehungsweise in g und g', so ist immer: $\gamma g = \gamma' g'$.

Die **gegenseitige Lage** der zwei Projectionsfiguren ist an und für sich gleichgültig. Bei der für den Apparat gewählten Anordnung liegt die Aufrissfigur oberhalb der Bildfigur so, dass die zwei Grundschnitte $\mathfrak{g}'$ und $\mathfrak{g}$ in die nämliche gerade Linie fallen, welche künftig kurzweg durch $\mathfrak{g}$ bezeichnet werden mag. Es ist dann die Strecke zwischen je zwei entsprechenden Punkten g und g' der zwei congruenten Punktreihen constant, nämlich:

$$gg' = \gamma\gamma'.$$

d. Beziehung zwischen Bildfigur und Grundrissfigur.

Wendet man den *Fundamentalsatz* auf die Bildprojection P und die Grundrissprojection P° an, so ergibt sich zwischen diesen eine analoge Beziehung.

Der *Grundschnitt* zwischen P und P° werde durch $\mathfrak{h}$ bezeichnet. Derselbe fällt in *Fig. 2* mit der Linie P zusammen. Das der Bildebene P zugehörige Projectionscentrum ist O; das der Grundrissebene P° zugehörige Projectionscentrum O° fällt in's Unendliche in verticaler Richtung. Der (behufs Ermittelung der Kernpunkte) in dieser Richtung durch O gezogene Strahl schneidet die Grundrissebene in der Grundrissprojection o, die Bildebene im Unendlichen. Der eine *Kernpunkt* p° fällt also nach o, der andere p fällt in's Unendliche in verticaler Richtung.

Fig. 3 (untere Partie) zeigt Bildfigur P und Grundrissfigur P° in wahrer Gestalt, letztere mit dem Kernpunkt p°. Die Lage des Grundschnittes in der **Bildfigur** ist durch $\mathfrak{h}$ —, in der **Grundrissfigur** durch $\mathfrak{h}^\circ$ bezeichnet. Die relative Lage des Kernpunktes p° und des Grundschnittes $\mathfrak{h}^\circ$ zur Grundrissfigur in *Fig. 3* muss übereinstimmen mit *Fig. 2*.

Nach dem *Fundamentalsatz* muss nun das die Bildfigur (vom unendlich fernen Kernpunkt p aus) projicirende verticale Parallelstrahlenbüschel und das die Grundrissfigur von p° aus projicirende Strahlenbüschel die Linien $\mathfrak{h}$ und $\mathfrak{h}^\circ$ nach congruenten Punktreihen schneiden. Um dies genauer zu präcisiren, ziehe man von p° den zu $\mathfrak{h}^\circ$ senkrechten Strahl und bezeichne seinen Schnittpunkt mit $\mathfrak{h}^\circ$ durch η°, den ihm entsprechenden Punkt der congruenten Punktreihe auf $\mathfrak{h}$ durch η. Ist nun C der Schnittpunkt der zwei Grundschnitte $\mathfrak{g}$ und $\mathfrak{h}$, so ist die Entfernung des Punktes η von C durch *Fig. 2* bestimmt. In *Fig. 2* fällt nämlich der

Schnittpunkt C der zwei Grundschnitte $\mathfrak{g}$ und $\mathfrak{h}$ in den Punkt $\mathfrak{g}$. Bestimmt man also auch in *Fig. 2* den Punkt η^0 als Schnittpunkt der Senkrechten von p^0 auf $\mathfrak{h}$, so muss die Strecke $C\eta$ der *Fig. 3* gleich der Strecke $\mathfrak{g}\eta^0$ der *Fig. 2* sein. Sind dann x und x^0 irgend zwei entsprechende Punkte der Bildfigur und der Grundrissfigur, und schneidet einerseits die durch x gezogene Verticale die Linie $\mathfrak{h}$ in h, andererseits der Strahl p^0x^0 die Linie $\mathfrak{h}^0$ in h^0, so ist immer: $\eta h = \eta^0 h^0$.

(Man erkennt, dass diese Beziehung zwischen Bildfigur und Aufrissfigur dieselbe ist, wie sie auch die sogenannte *Durchschnittsmethode* liefert.)

Auch hier ist die gegenseitige Lage der zwei Projectionsfiguren an und für sich gleichgiltig. Bei der für den Apparat getroffenen Anordnung ist die Lage der Grundrissfigur so gewählt, dass die Breitenlinien horizontal sind und dass p^0 auf der durch η gezogenen Verticalen in einem Abstand $\eta p^0 = \eta^0 p^0$ liegt. Die Lage ist also der Art, dass, wenn man von p^0 nach sämmtlichen Punkten h der Punktreihe $\mathfrak{h}$ Strahlen zieht, das so entstandene Strahlenbüschel mit dem die Punktreihe $\mathfrak{h}^0$ projicirenden Strahlenbüschel congruent ist. Es ist folglich der Winkel zwischen je zwei Strahlen, die von p^0 nach zwei entsprechenden Punkten h und h^0 führen, constant, nämlich:

$$hp^0h^0 = \eta p^0 \eta^0 = \alpha,$$

wo α gleich dem spitzen Winkel ist, den Bildebene P und Aufrissebene P' einschliessen.

Um übrigens die Punkte η^0 und η bei der Construction zu umgehen, kann man einerseits im Grundriss den Schnittpunkt a^0 des Strahls $p^0\eta^0$ mit der Umrisslinie der Grundrissfigur —, andererseits in der Bildfigur den Schnittpunkt a des Strahls $p^0\eta$ mit der Horizontlinie markiren. Der Punkt a^0 kann in der *Fig. 2* bestimmt und aus dieser in die *Fig. 3* übertragen werden; der Punkt a kann bestimmt werden, indem γa gleich der Strecke $\mathfrak{g}\eta^0$ der *Fig. 2* abgeschnitten wird. Endlich bemerke man, dass, wenn man auf $\mathfrak{g}$ die Strecke $C\delta = \eta p^0$ macht, $\delta p^0 = C\eta = \mathfrak{g}\eta^0$ (in *Fig. 2*) ist.

e. Zusammenfassung.

Aus den vorangehenden Erörterungen ergibt sich ein Gang der Construction, der im Folgenden in derjenigen Form dargestellt werden soll, wie er bei dem Apparat direct zur Anwendung gelangt:

1. In einer *Vorbereitungsfigur* (*Fig. 2*), welche eine Umrissskizze des Grundrisses enthält, wählt man den Standpunkt o und die Bildebene P. Auf deren Spur $\mathfrak{h}$ fällt man die Senkrechte $o\eta^0$ und

markirt deren Schnittpunkt a^0 mit der Umrisslinie des Grundrisses. Hierauf wählt man die Aufrissebene P' in geeigneter Lage, und zwar so, dass ihr Schnitt $\mathfrak{g}$ mit der Ebene P noch ausserhalb des Sehstrahlenbüschels, aber nicht weit von dem äussersten Grenzstrahl fällt. Bietet das Object zwei besonders ausgeprägte horizontale Hauptrichtungen dar, so wird die Aufrissebene parallel zu einer dieser Hauptrichtungen gelegt. Endlich zieht man durch o eine Senkrechte zu P' und markirt deren Schnittpunkte p' und p mit bezw. P' und P.

2. In der *Constructionsfigur* (*Fig. 3*) zieht man die Verticale $\mathfrak{g}$ und die Horizontale $\mathfrak{h}$ und markirt deren Schnittpunkt C. Hierauf zieht man durch die auf $\mathfrak{g}$ passend gewählten Punkte γ' und γ zwei horizontale Linien und schneidet auf denselben die Strecken $\gamma'p'$ und γp beziehungsweise gleich den Strecken $\mathfrak{g}p'$ und $\mathfrak{g}p$ der *Vorbereitungsfigur* ab. Ferner macht man auf der Linie $\mathfrak{g}$ die Strecke $C\delta$ = der Strecke $\eta^0 o$ der *Vorbereitungsfigur* und auf der durch δ gezogenen Horizontalen die Strecke δp^0 gleich der Strecke $\mathfrak{g}\eta^0$ der *Vorbereitungsfigur*. Ebenso wird auf der Horizontalen durch γ die Strecke γa gleich $\mathfrak{g}\eta^0$ abgetragen.

3. Man heftet die Aufrissfigur P' und die Grundrissfigur P^0 in richtiger Lage auf's Reissbrett auf, nämlich die Aufrissfigur so, dass die auf ihr markirte Horizontlinie die Horizontale durch γ' deckt und dass ihr äusserster auf der Horizontlinie liegender Punkt denselben Abstand von der Linie $\mathfrak{g}$ hat wie in der *Vorbereitungsfigur* ($\gamma'b'$ der *Fig. 3* gleich $\mathfrak{g}b^0$ der *Fig. 2*), — die Grundrissfigur (in welche der Punkt a^0 eingetragen worden ist,) so, dass ihre Breitenlinien horizontal liegen und dass zwei in ihr markirte, zur Breiten- und Tiefenrichtung parallele Linien die nämlichen bezüglichen Abstände von Punkt p^0 haben wie in der *Vorbereitungsfigur*.

4. Sind nunmehr x' und x^0 zwei zugeordnete Punkte des Aufrisses und Grundrisses, so ergibt sich der entsprechende Punkt x der Bildfigur durch folgende Construction:

Man zieht $p'x'$, markirt deren Schnittpunkt g' mit der Linie $\mathfrak{g}$, schneidet auf letzterer die Strecke $g'g = \gamma'\gamma$ ab und zieht pg. Man zieht ferner p^0x^0, dreht diesen Strahl um p^0 um den Winkel $\alpha = a^0p^0a$, markirt den Schnittpunkt h des gedrehten Strahls mit der Linie $\mathfrak{h}$ und zieht durch h eine Verticale. Der Schnittpunkt dieser Verticalen mit der Linie pg stellt den Punkt x vor.

III.

Beschreibung des Apparates.

Bei der im vorigen Abschnitt besprochenen Construction fungiren als Constructionslinien: 1. die *Grundschnitte* $\mathfrak{g}$ und $\mathfrak{h}$, 2. die *Kernstrahlen* $p'x'$, px, p^0x^0, p^0h, hx.

Die Construction wird nun in einen mechanischen Apparat übertragen, indem die genannten Constructionslinien durch Stangen ersetzt werden, welche die den Aufriss und den Grundriss durchfahrenden *Fahrstifte* x' und x^0, sowie den die Bildfigur beschreibenden *Zeichenstift* x tragen und welche entsprechend der geometrischen Construction mit einander kinematisch verkettet sind.

a. Einzelbestandtheile des Apparates.

Die wichtigsten Einzelbestandtheile des Apparates sind folgende:

1. Eine Anzahl *Lineale* mit durchweg gleich breitem *Schlitz*, dessen Ränder genau geradlinig und parallel sind; am einen Ende zum Theil mit einer kreisrunden *Öse* versehen von einem Durchmesser gleich der Schlitzbreite und mit dem Mittelpunkt genau in der Längenachse des Schlitzes.

2. Eine Anzahl *Reissnagelstifte* (vergl. *Taf. II, Fig. 4)*, das heisst Reissnägel, auf deren Kopf ein cylindrischer Stift so aufgesetzt ist, dass die Achse des Stiftes zur Grundfläche des Reissnagelkopfes genau senkrecht ist und mit der Achse des Reissnagelspiesses genau übereinstimmt. Der Durchmesser des Stiftes ist um ein Minimum (die Dünne eines feinen Seidenpapiers) kleiner als die Schlitzbreite der Lineale, so dass der Stift in dem Schlitz leicht, doch ohne Spiel gleiten kann.[1] An seinem oberen Ende trägt der Stift ein Schraubengewinde zum Umschrauben eines hohlen *Hütchens*. — Zum Einsetzen der Reissnagelstifte in's Reissbrett dient eine besondere Vorrichtung — das *Einsetzgestell*, durch welches eine zur Reissbrettfläche genau senkrechte Stellung der Stifte garantirt wird.

[1] Um dies zu bewirken, und namentlich um eine vollkommene Gleichförmigkeit des Schlitzes in den Linealen zu erzielen, sind die letzteren dadurch hergestellt, dass die zwei Hälften rechts und links vom Schlitz zunächst getrennt mit genau geradlinigen Kanten angefertigt und nachträglich durch aufgeleimte Querbänder vereinigt wurden. Letzteres geschah in einer Lage, bei welcher die zwei Theile zu beiden Seiten zweier in's Reissbrett eingesetzter Reissnagelstifte lagen und durch umgelegte Gummibänder gegen die Stifte leicht angedrückt wurden, wobei auf einer Seite zwischen der Linealkante und den Stiften ein feines Seidenpapier eingefügt war.

3. Eine Anzahl *Einsatzstücke* mit cylindrischen Stiften (vergl. *Taf. II, Fig.* 5), welche an beliebiger Stelle eines geschlitzten Lineales so festgeklemmt werden können, dass der Stift, dessen Durchmesser gleich demjenigen der Reissnagelstifte ist, senkrecht zur Linealfläche steht, und seine Achse die Längenachse des Schlitzes schneidet. Der Stift trägt an seinem oberen Ende ein Schraubengewinde zum Umschrauben eines hohlen *Hütchens*.

Bei drei Einsatzstücken ist der Stift cylindrisch ausgebohrt behufs Aufnahme der *Fahrstifte*, beziehungsweise des *Zeichenstiftes*.

4. Eine Anzahl kreisrunder dünner *Scheibchen* mit kreisrunder Öse von einem Durchmesser gleich der Schlitzbreite, zum Einstülpen in die Stifte der Einsatzstücke und Reissnagelstifte. Ein solches Scheibchen ist in *Taf. I.* bei Buchst. *H.* (rechts) sichtbar.

5. Eine Anzahl *gleichschenkliger Schubkurbeln* mit verlängerter Schubstange (vergl. *Taf. I:* das Gestänge $hvwx$), bestehend aus zwei durch Scharnier v verbundenen Stangen hv und wx, an deren Endpunkten kreisrunde Ösen h, w, x von einem Durchmesser gleich der Schlitzbreite eingeschnitten sind. Die Mittelpunkte der drei Ösen haben gleiche Abstände vom Mittelpunkt des Scharniers v und liegen bei der *Schubstange* wx mit letzterem in gerader Linie. Die Öse h des *Kurbelarms* wird in den Stift eines Einsatzstückes eingeschoben, das in ein geschlitztes Lineal eingeklemmt ist. In die Öse w der Schubstange ist das *Gleitstück* eingesetzt, das in dem Schlitz des Lineales gleitet. Bei der Bewegung der Schubkurbel beschreibt der Mittelpunkt der Öse x eine Senkrechte zum Lineal durch den Mittelpunkt h. Am Scharnier v ist ein *Klemmschräubchen* angebracht, durch dessen Anziehen bewirkt wird, dass Kurbelarm und Schubstange in beliebiger unveränderlicher Stellung festgehalten werden.

6. Ein *Winkelhacken* von verstellbarer Öffnung; im Scheitel und auf jedem Schenkel ist eine kreisrunde Öse eingeschnitten von einem Durchmesser gleich der Schlitzbreite. Die zwei Schenkel sind durch eine Querstange mit Klemmschräubchen verbunden, mittelst dessen das Verstellen und Fixiren der Schenkel bewirkt wird.

b. Zusammenstellung des Apparates.

Der Gesammtmechanismus kann in drei Theilmechanismen aufgelöst werden, von denen

der I. die Bewegungen des Fahrstiftes x' und des Zeichenstiftes x —,
der II. die Bewegungen des Fahrstiftes x^0 und des Zeichenstiftes x —,
der III. die Bewegungen der beiden Fahrstifte x' und x^0

zu einander in Beziehung setzt.

Diese drei Theilmechanismen mögen im Folgenden kurz als Mechanismus $(x'x)$, — (x^0x), — $(x'x^0)$ bezeichnet werden.

Zur Illustration diene die Abbildung des Modells auf *Taf. I*, mit welcher die *Fig. 3* der *Taf. II* sowohl hinsichtlich der Dimensionen als hinsichtlich der Buchstabenbezeichnung genau übereinstimmt. Bei der folgenden Beschreibung fasse man stets beide Figuren, welche sich gegenseitig erläutern, gleichzeitig ins Auge.

c. Mechanismus $(x'x)$.

In den Punkten p' und p, sowie in zwei passend gewählten Punkten G' und G der Linie $\mathfrak{g}$ sind *Reissnagelstifte* in das Reissbrett eingesetzt. In die Stifte G' und G ist sodann der Schlitz eines Lineales eingeschoben, welches nunmehr längs der Linie $\mathfrak{g}$ schlittenartig gleiten kann und als *Gleitstange* $\mathfrak{g}$ bezeichnet werden mag. In zwei Punkten g' und g derselben, deren Abstand gleich $\gamma'\gamma$ ist, sind *Einsatzstücke* festgeklemmt. Endlich sind einerseits in die Stifte p' und g', andererseits in die Stifte p und g geschlitzte Lineale eingelegt, welche als *Fahrstangen* bezeichnet werden und an ihren Enden durchbohrte Einsatzstücke tragen zur Aufnahme des *Fahrstiftes* x' und des *Zeichenstiftes* x. — Durch zwischen- und untergelegte *Scheibchen*, die nach Bedürfniss in die einzelnen Stifte eingestülpt wurden, ist dafür gesorgt, dass sämmtliche Lineale in geeigneter Höhe genau parallel zur Reissbrettfläche liegen, so dass sie sich ohne gegenseitige Reibung bewegen. Ausserdem sind an den zwei Fahrstangen in der Nähe des Fahrstiftes und des Zeichenstiftes *Unterstützungsbänkchen* angebracht. — Sämmtlichen Stiften sind schliesslich die *Hütchen* umgeschraubt worden. — Durchfährt man nunmehr mit dem Fahrstift x' die Aufrissfigur, so wirkt dabei zunächst die Fahrstange $p'x'$ hebelartig auf die Gleitstange $\mathfrak{g}$, deren Bewegung dann ihrerseits die entsprechende Bewegung der Fahrstange px bewirkt.

d. Mechanismus (x^0x).

Im Punkt p^0, sowie in zwei passend gewählten Punkten H, H der Linie $\mathfrak{h}$ sind *Reissnagelstifte* eingesetzt; in die Stifte H, H ist sodann ein geschlitztes Lineal — die *Gleitstange* $\mathfrak{h}$ — eingelegt, in welche in einem Punkt h ein *Einsatzstück* festgeklemmt ist. In den Stift p^0 ist zunächst die Scheitel-Öse des *Winkelhackens* eingeschoben, in dessen Schenkel-Ösen *Einsatzstücke* r^0 und r eingeklemmt sind. Demnächst ist einerseits in die zwei Stifte p^0 und r^0, andererseits in die zwei Stifte p^0 und r je ein geschlitztes Lineal eingelegt. Das erstere p^0r^0 trägt an

seinem Ende ein durchbohrtes Einsatzstück zur Aufnahme des *Fahrstiftes* x^0; das letztere $p^0 r$ trägt an seinem Ende eine Öse, welche in den Stift des Einsatzstückes h eingeschoben ist. Endlich ist in den Stift h noch die Öse des Kurbelarms einer *gleichschenkligen Schubkurbel* eingefügt, deren Gleitstück w in dem Schlitz der Gleitstange $\mathfrak{h}$ läuft, während die Öse am andern Ende der Schubstange in den Stiel des Einsatzstückes x eingeschoben ist. — Durch zwischen- und untergelegte *Scheibchen*, die in die verschiedenen Stifte eingestülpt wurden, ist wieder dafür gesorgt, dass sämmtliche Lineale in geeigneter Höhe parallel zur Reissbrettfläche liegen und sich ohne gegenseitige Reibung oder Collision bewegen. Auch ist der *Fahrstange* $p^0 x^0$ in der Nähe des Fahrstiftes ein *Unterstützungsbänkchen* untergelegt. — Sämmtlichen Stiften sind schliesslich die *Hütchen* umgeschraubt worden. — Durchfährt man nunmehr mit dem Fahrstift x^0 die Grundrissfigur, so überträgt sich zunächst die Bewegung der Fahrstange $p^0 x^0$ durch Vermittelung des Winkelhackens auf die Stange $p^0 h$, welche ihrerseits die Bewegung der Gleitstange $\mathfrak{h}$ bewirkt. Durch die gleichschenklige Schubkurbel wird dann der Zeichenstift x stets vertical über dem Punkt h geführt.

Anmerkung. Bei einem ausgedehnteren Grundriss könnte möglicherweise der Fall eintreten, dass die Fahrstange $p^0 x^0$ und die Gleitstange $\mathfrak{h}$ bei der Bewegung in Collision gerathen. Um dem vorzubeugen ist folgende (an dem vorliegenden Modell noch nicht angewendete) Modification zu empfehlen: Man klemmt am äussersten linken Ende der Gleitstange $\mathfrak{h}$ ein Einsatzstück i fest, verschiebt den Grundriss P^0 sowie den Reissnagelstift p^0 in horizontaler Richtung je um eine Strecke $= h\,i$ nach links und setzt die Öse der Stange $p^0 r$ (statt in h) in den Stift i ein, während die Öse des Kurbelarms in h verbleibt. — Oder auch kann man (vergl. *Taf. II, Fig. 3a*) auf der Horizontalen durch p^0 links von p^0 einen zweiten Reissnagelstift π^0 einsetzen, den Grundriss P^0 um eine Strecke $= p^0 \pi^0$ in horizontaler Richtung nach links verschieben und in die Stifte p^0, π^0 die Eck-Ösen eines beweglichen Parallelogrammgestänges $p^0 \pi^0 \rho^0 r^0$ einlegen, dessen Seite $p^0 r^0$ von dem linken Schenkel des Winkelhackens gebildet wird. Legt man dann die Fahrstange mit dem Fahrstift x^0 statt in die zwei Stifte p^0 und r^0 — in die Stifte π^0 und ρ^0 ein, so ist bei der Bewegung die Fahrstange $\pi^0 x^0$ stets parallel mit $p^0 r^0$, und es wird folglich, wenn man mit dem Fahrstift x^0 den Grundriss durchfährt, die Bewegung der Stange $p^0 h$ genau in derselben Weise bewirkt wie vorhin. — Es empfiehlt sich dann ferner, auch den Aufriss nach links zu verschieben und die Bewegung der ihn durchfahrenden, mit $p'g'$ parallelen Fahrstange durch eine ähnliche Parallelogrammverbindung auf die Stange $p'g'$ zu übertragen.

e. Mechanismus $(x' x^0)$.

Bezüglich der seither beschriebenen Mechanismen $(x' x)$ und $(x^0 x)$ geht aus den Erörterungen des *Abschnittes II* unmittelbar hervor, dass, wenn man mit den Fahrstiften x' und x^0 zwei zugeordnete Punkte des Aufrisses und Grundrisses markirt, der Zeichenstift x sich vermöge der combinirten Mechanismen $(x' x)$ und $(x^0 x)$ auf den entsprechenden Bildpunkt einstellt. Denn der Mechanismus $(x' x)$ bewirkt, dass der Zeichenstift sich auf den richtigen Kernstrahl durch p stellt, während der Mechanismus $x^0 x$ ihn auf die richtige Verticale stellt. Der erstere liefert für die Bewegung des Zeichenstiftes die verticale —, der letztere die horizontale Componente.

Indessen kann mittelst dieser Combination die Bildfigur zunächst nur punktweise bestimmt werden. Um eine Linie continuirlich zu beschreiben, würde erforderlich sein, die beiden Fahrstifte x' und x^0 entlang der Aufriss- und Grundrissprojection der betreffenden Linie gleichzeitig so zu führen, dass sie in jedem Moment auf entsprechenden Punkten der zwei Projectionen stehen. Um dies zu ermöglichen, müssen die Bewegungen der zwei Fahrstifte x' und x^0 durch einen weiteren Mechanismus zu einander in Beziehung gesetzt werden, welcher bewirkt dass dieselben stets nur entsprechende Punkte markiren können. — Die Grundrissfigur ist gegen die Aufrissfigur seitlich verschoben; die Grösse der Verschiebung sei s. Denkt man sich also durch irgend zwei entsprechende Punkte x' und x^0 zwei Verticalen gezogen, so ist deren Entfernung stets gleich s. Der zwischen P' und P^0 einzuschaltende Mechanismus muss folglich die zwei Fahrstifte zwingen, stets einen horizontalen Abstand $= s$ einzuhalten. Dies ist in dem Apparate folgendermaassen bewirkt (vergl. *Taf. I.*):

Auf einer zwischen der Aufrissfigur und der Bildfigur gezogenen horizontalen Linie $\mathfrak{k}$ sind zwei Punkte K, K passend gewählt und in denselben zwei Reissnagelstifte eingesetzt, in welche ein geschlitztes Lineal — die *Gleitstange* $\mathfrak{k}$ — eingelegt ist. Dieselbe trägt (behufs Vermeidung von Collisionen) ausser dem Hauptschlitz noch einen zweiten, mit dem Hauptschlitz parallelen Nebenschlitz. In dem Hauptschlitz und in der Verlängerung des Nebenschlitzes ist je ein Einsatzstück eingeklemmt und in dessen Stift u^0, bezw. u' die Öse des Kurbelarms je einer gleichschenkligen Schubkurbel eingefügt. Die bezüglichen Gleitstücke w^0 und w' laufen in den betreffenden Schlitzen; die Ösen am anderen Ende der Schubstangen sind beziehungsweise in die Stifte der Einsatzstücke x^0 und x' eingeschoben. Der horizontale Abstand der Mittelpunkte der zwei Stifte u^0 und u' ist gleich der Verschiebungs-

grösse s. — Die Klemmschräubchen an den Scharnieren der Schubkurbeln seien durch v^0 und v' bezeichnet. — Durch unter- und zwischengelegte *Scheibchen* ist wieder für eine zur Reissbrettfläche durchweg parallele Lage der Stangen in geeigneter (Reibung und Collision ausschliessender) Höhe gesorgt.

IV.

Handhabung des Apparates.

a.) Einstellung für eine bestimmte Aufgabe.

Für verschiedene Aufgaben, bei welchen Auge und Bildebene verschiedene Lagen zum Object haben, bleiben die drei *Gleitstangen*, sowie die zwei horizontalen Linien durch γ' und γ stets unverändert. Geändert wird nur: die Lage der drei Reissnagelstifte p', p, p^0, die Öffnung α des Winkelhackens und die Verschiebungsgrösse $s = u'u^0$. Die bezügliche Einstellung des Apparates geschieht folgendermaassen:

1. Die zu der Einstellung erforderlichen Daten werden von einer *Vorbereitungsfigur* (s. *Taf. II, Fig. 2*) geliefert, die genau in derselben Weise construirt wird, wie im *Abschnitt II, e* unter *Nr. 1* (s. S. 184) angegeben wurde. Sofort werden die den *Aufriss* und *Grundriss* enthaltenden Blätter auf das den Apparat tragende Reissbrett in der richtigen, aus der *Vorbereitungsfigur* ersichtlichen Lage aufgeheftet, wie dies in *Abschnitt II, e* unter *Nr. 3* (s. S. 185) näher ausgeführt wurde. In die Grundrissfigur wird der Punkt a^0 aus der *Vorbereitungsfigur* eingetragen. Endlich wird in dem von den drei *Gleitstangen* eingeschlossenen Raum das Zeichenblatt für die Bildfigur aufgeheftet.

2. Auf dem Reissbrett werden die Strecken $\gamma'p'$, γp, $C\delta$, δp^0 und γa gleich den entsprechenden Strecken der *Vorbereitungsfigur* (vergl. *Abschn. II, e, Nr. 2*) mit dem Zirkel abgestochen,[1] hierauf in den Punkten p', p, p^0 die Reissnagelstifte mittelst des *Einsetzgestells* eingesetzt und in dieselben die betreffenden Lineale eingelegt.

3. Demnächst wird bei loser Stellung der Schenkel des *Winkelhackens* der Fahrstift x^0 in den Punkt a^0 des Grundrisses —, der Zeichenstift x in den Punkt a des Zeichenblattes gestellt und werden die Schenkel

[1] Man kann mit den Spitzen eines Zirkels bequem in die Schlitze der Lineale eingreifen. Dagegen würde es mit Schwierigkeiten verbunden sein, durch einen unterhalb einer Gleitstange liegenden Punkt mittelst Anlegens eines untergeschobenen Lineals eine Linie zu ziehen. Dies der Grund, warum (vergl. II, d, Schluss) die Benutzung des Punktes η bei der Construction umgangen wurde.

des Winkelhackens in derjenigen Stellung, die sie hierbei einnehmen, durch Anziehen des bezüglichen (unterhalb r^0 liegenden) *Klemmschräubchens* fixirt.

4. Endlich wird das locker geschraubte Einsatzstück u^0 innerhalb des Schlitzes der Gleitstange $\mathfrak{k}$ so verschoben, dass die zwei Fahrstifte x' und x^0 auf irgend zwei entsprechende Punkte des Aufrisses und Grundrisses gestellt werden können; in der also bestimmten Lage wird dann das Einsatzstück u^0 festgeklemmt.

Nachdem einmal der Apparat in der angegebenen Weise eingestellt ist, bleibt die Einstellung während der ganzen Construction dieselbe, ohne dass irgend welche Änderung vorgenommen werden müsste.

b. Ausführung der Construction.

Der Umstand, dass der Apparat zwei Führungsstifte besitzt, macht seine Handhabung keineswegs complicirter im Vergleich zu den in *Abschnitt I, b* besprochenen, weniger leistungsfähigen Instrumenten. Es kommt nämlich nur in seltenen Fällen — und zwar nur in solchen Fällen, für welche die anderen Apparate die Anwendbarkeit gänzlich versagen — vor, dass beide Fahrstifte zugleich geführt werden. In der Regel wird nur einer geführt, während der andere leer läuft, beziehungsweise vermöge des Mechanismus sich selbst führt.

Um bei der Construction nach einem bestimmten Plane vorzugehen, empfiehlt sich, in der schon im *Abschnitt I, b* besprochenen Weise das Object in Gedanken in einzelne horizontale oder verticale Parallelschichten aufzulösen, zuerst diese der Reihe nach in Perspective zu setzen und demnächst die übrigen Linien zu behandeln.

Das Constructionsverfahren bei Anwendung von horizontalen Schichten ist folgendes: Man stellt den Fahrstift x' in irgend einen Punkt der Aufrissprojection des betreffenden Horizontalschnittes und zieht das Klemmschräubchen v' am Scharnier der zugehörigen Schubkurbel an. Hierdurch wird die Schubkurbel festgelegt, so dass nunmehr der Fahrstift x' nur noch eine horizontale Linie, und zwar diejenige horizontale Linie, welche die Aufrissprojection des betreffenden Horizontalschnittes vorstellt, beschreiben kann. Umfährt man also jetzt mit dem Fahrstift x^0 die Grundrissprojection des Horizontalschnittes, so stellt sich vermöge des Mechanismus ($x'x^0$) der Fahrstift x' in jedem Augenblick ganz von selbst in den richtigen Punkt der Aufrissprojection, und der Zeichenstift x beschreibt die Perspective. Beim Übergang von einer Schichte zur nächsten hat man nur das Klemmschräubchen v' zu lösen, den Fahrstift x' auf die Höhe der nächsten Schichte zu stellen und das Schräubchen wieder anzuziehen. Sind sämmtliche Horizontalschichten

in Perspective gesetzt, so werden sofort die Verticalen gezogen, indem man den Fahrstift x^0 in die einzelnen Punkte des Grundrisses stellt, in welchen sich dieselben projiciren, und mit dem Fahrstift x' im Aufriss die betreffenden Verticalen durchfährt.

Ganz analog ist das Verfahren bei Anwendung von verticalen Schichten parallel zur Aufrissebene: Man stellt den Fahrstift x^0 in irgend einen Punkt der Grundrissprojection des betreffenden Verticalschnittes und zieht das Klemmschräubchen v^0 am Scharnier der zugehörigen Schubkurbel an. Der Fahrstift x^0 kann jetzt nur noch die Breitenlinie beschreiben, welche die Grundrissprojection des Verticalschnittes vorstellt. Umfährt man also mit dem Fahrstift x' die betreffende Aufrissprojection, so regulirt sich die entsprechende Bewegung des Fahrstiftes x^0 von selbst, und der Zeichenstift x beschreibt die Perspective. Schliesslich werden die Tiefenlinien gezogen, indem man den Fahrstift x' in die einzelnen Punkte des Aufrisses stellt, in welche sich dieselben projiciren, und mit dem Fahrstift x^0 im Grundriss die betreffenden Tiefenlinien durchfährt.

Hinsichtlich der Schärfe der vom Apparat gezeichneten geraden Linien ist hervorzuheben, dass sämmtliche gerade Linien in den drei Hauptrichtungen: Breitenlinien, Tiefenlinien, Höhenlinien, (welche ja bei geradlinigen architektonischen Objecten stets von hervorragender Bedeutung und Häufigkeit sind), vom Apparate mit einer dem Lineal gleichkommenden Schärfe und Schnelligkeit geliefert werden.

Eine Höhenlinie wird dadurch erhalten, dass der Fahrstift x^0 auf einen bestimmten Punkt des Grundrisses festgestellt wird. Damit ist die Fahrstange p^0x^0 und durch sie die Stange p^0h —, also auch die Gleitstange $\mathfrak{h}$ mit dem Punkt h festgelegt. Der Zeichenstift x kann sich also gar nicht anders bewegen als auf der Verticalen durch h, das heisst: er beschreibt diese (bei beliebiger Geschwindigkeit) mit absoluter Schärfe.

Bei einer Tiefenlinie wird der Fahrstift x' auf einem bestimmten Punkt des Aufrisses festgehalten. Dadurch ist die Fahrstange $p'x'$ und durch sie die Gleitstange $\mathfrak{g}$ mit dem Punkt g festgelegt. Die Fahrstange px kann sich also gar nicht anders als entlang der zwei Stifte g und p bewegen, das heisst: der Zeichenstift x beschreibt die Linie gp mit absoluter Schärfe.

Was endlich die Breitenlinien anlangt, so werden dieselben auf folgende Weise behandelt: Man stellt die Fahrstifte x' und x^0 auf die bezüglichen Projectionen der betreffenden Breitenlinie und zieht an beiden zugehörigen Schubkurbeln die Klemmschräubchen v' und v^0 an. Damit sind nunmehr die zwei Fahrstifte gezwungen, die zwei Projectionen der Breitenlinie zu beschreiben. Man durchfährt sie, indem man mit

der Hand die Gleitstange f führt, und erhält dadurch die Perspective der betreffenden Linie mit absoluter Schärfe.

Bei solchen geraden oder ebenen krummen Linien, welche keiner der zwei Projectionsebenen parallel sind, sowie bei Raumkurven sind beide Fahrstifte gleichzeitig zu führen. Man hat hiezu die Hilfe einer zweiten Person in Anspruch zu nehmen; im übrigen bietet die Führung nicht mehr Schwierigkeit als die Führung eines einzigen Fahrstiftes. Denn da vermöge des Mechanismus ($x'x^0$) die Führung des einen Stiftes auch den andern beeinflusst, in der Art, dass beide Stifte stets entsprechende Punkte des Aufrisses und Grundrisses markiren, so ist die eine Projection (und zwar diejenige, welche mehr entwickelt ist) mit dem betreffenden Fahrstift zu durchfahren ganz ebenso, wie wenn sie allein vorhanden wäre; dabei wird der andere Fahrstift mitgezogen, so dass die zweite Person, welche diesem Zuge nachgebend den Stift leicht hält, nur darauf zu achten hat, dass derselbe nicht rechts oder links von seiner vorgeschriebenen Bahn abweicht.

c. Besondere Fälle.

In dem Falle, dass der Punkt p' in's Innere der Aufrissfigur — und demgemäss auch der Punkt p in's Innere der Bildfigur zu liegen kommen sollte, würde sich die Schwierigkeit ergeben, dass nicht sämmtliche Partieen der Figur mit dem Fahrstift, bezw. Zeichenstift erreicht werden können. Man hilft sich in einem solchen Falle einfach dadurch, dass man der Aufrissebene eine andere Lage gibt, bei welcher der genannte Übelstand nicht vorhanden ist. Speciell bei geradlinigen architektonischen Objecten wird die Aufrissebene parallel zu der anderen horizontalen Hauptrichtung (Tiefenrichtung) gelegt, also ein Aufriss benutzt, der mit Beziehung auf die ursprüngliche Annahme als Seitenriss zu bezeichnen wäre. Dadurch ist die Schwierigkeit beseitigt, während alle vom Apparate gebotenen Constructionsvortheile gewahrt bleiben.

Es kann aber hierbei geschehen, dass der Kernpunkt p in allzu grosse Entfernung über das Reissbrett hinaus fällt. Bei einer *Frontansicht* fällt p sogar in's Unendliche.

Für diese Fälle ist dem Apparate noch eine vierte Gleitstange und noch eine vierte Schubkurbel beigegeben.

Die Gleitstange, an welcher seitlich ein Arm mit versetzbarem Einsatzstück l angebracht ist, dient dazu, falls der Punkt p in zu grosse Entfernung fällt, für die Fahrstange px noch einen zweiten Führungspunkt l (neben dem Punkt g) zu liefern. Sind nämlich $\mathfrak{l}'$ und $\mathfrak{l}$ zwei zu $\mathfrak{g}$ parallele Linien, welche bezw. die Strahlenbüschel p' und p nach congruenten Punktreihen schneiden, (— welche also die Strecken $p'\gamma'$

und $p\gamma$ proportional theilen), so wird das Einsatzstück l am Seitenarm der Gleitstange so gestellt und ferner in den Schlitz der Gleitstange ein zweites Einsatzstück l' in solcher Stellung festgeklemmt, dass, wenn man nun die Gleitstange längs der Linie $\mathfrak{l}'$ in zwei Reissnagelstifte einlegt und gleiten lässt, die zwei Stifte l' und l die zwei congruenten Punktreihen auf $\mathfrak{l}'$ und $\mathfrak{l}$ beschreiben. Von den zwei Fahrstangen wird dann die eine in die drei Stifte p', l' und g' —, die andere in die zwei Stifte l und g eingelegt.

Die Schubkurbel kommt bei Frontansichten zur Verwendung. Fällt nämlich p in unendliche Entfernung, so ist der Strahl px in jeder Lage horizontal. Man hat demgemäss die Fahrstange px durch eine gleichschenklige Schubkurbel zu ersetzen, deren Kurbelarm-Öse in den Stift g eingeschoben wird und deren Gleitstück in dem Schlitz der Gleitstange $\mathfrak{g}$ läuft, während die Öse am andern Ende der Schubstange das Einsatzstück mit dem Zeichenstift trägt.

Die Benutzung der vierten Gleitstange oder Schubkurbel ist übrigens nur erforderlich, wenn man sich den Vortheil der linealischen Schärfe der Geradenzeichnung wahren will. Denn nur dann ist es nothwendig, die Aufrissebene parallel zu einer der zwei horizontalen Hauptrichtungen zu legen, wodurch das Hinausfallen des Kernpunktes p veranlasst wird. Will man sich aber hinsichtlich der Geradenzeichnung mit der geringeren Genauigkeit begnügen, wie sie auch die Instrumente von *Ritter* oder *Brix* liefern, oder weist das vorliegende Object (z. B. ein Rundbau) keine ausgeprägten horizontalen Hauptrichtungen auf: so wird dem Hinausfallen des Kernpunktes p einfach durch geeignete willkürliche Wahl der Aufrissebene vorgebeugt. Man bemerke hierbei, dass es keineswegs nöthig ist, die einer willkürlichen Annahme der Aufrissebene entsprechende Aufrissfigur vorher besonders zu zeichnen. Denn bei Anwendung von horizontalen Schichten ist die Aufrissfigur nur dazu erforderlich, den Fahrstift x' auf die Höhe der betreffenden Schichten zu stellen. Hierzu kann aber jede beliebige Aufrissfigur, ja sogar eine blosse Höhenskala benützt werden. Auch zum Ziehen der Verticalen ist nur der Grundriss erforderlich.

V.

Weitere Ausbildung des Apparates.

Die Beweglichkeit des Apparates ist eine sehr leichte und genaue, insofern einerseits die Führung des Fahrstiftes x' stets eine starke verticale Componente —, andererseits die Führung des Fahrstiftes x^0 stets

eine starke horizontale Componente für die Bewegung des Zeichenstiftes x liefert. Ein todter Gang ist gänzlich ausgeschlossen.

Eben mit Rücksicht hierauf ist der Apparat einer sehr feinen mechanischen Ausbildung fähig.

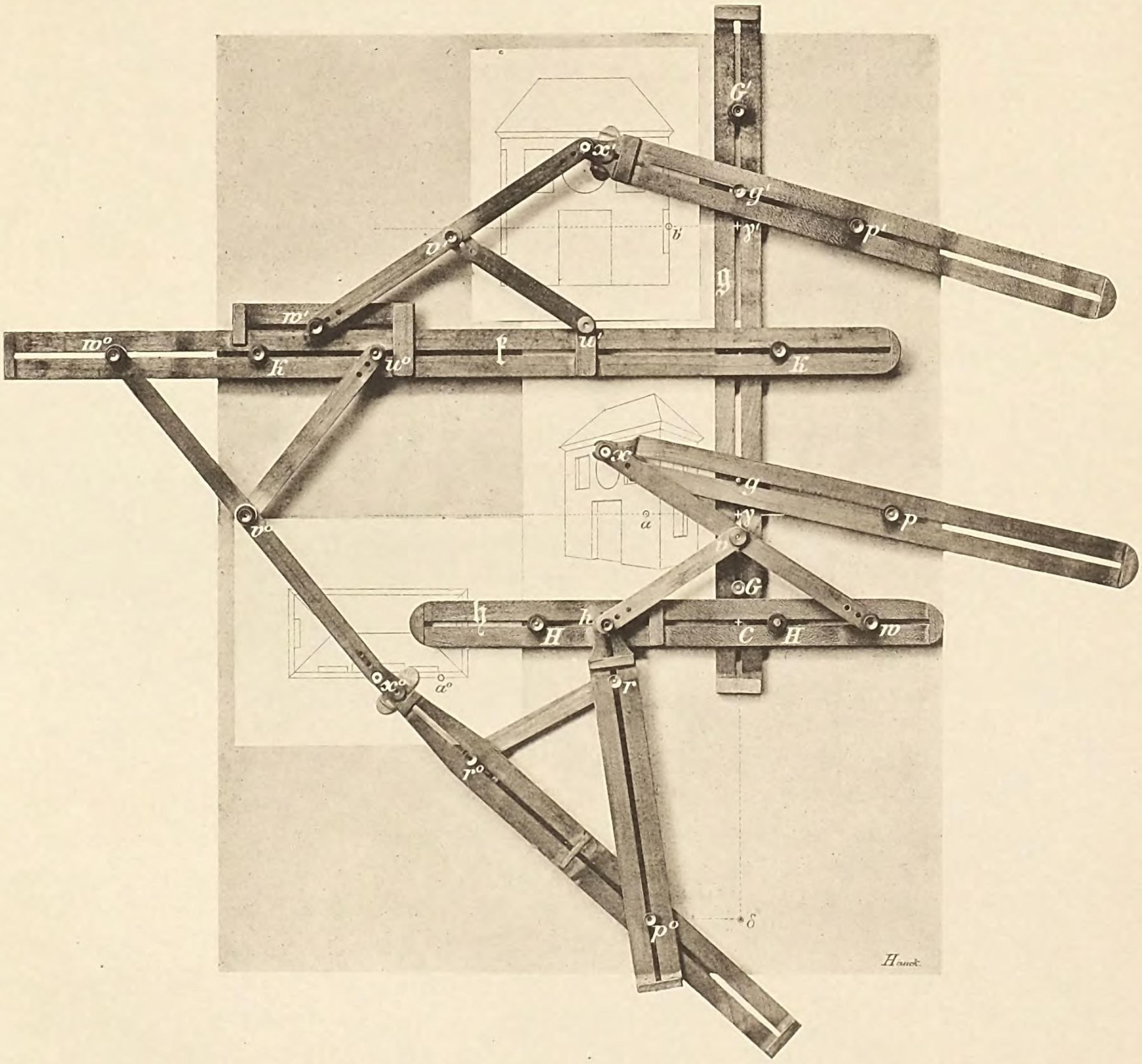
Dass in dem vorliegenden Modell die Aufgabe der Umsetzung der geometrischen Construction in einen Mechanismus durch das Mittel der geschlitzten Lineale, deren Schlitze in cylindrischen Stiften gleiten, gelöst wurde, hatte seinen Grund lediglich in der Nothwendigkeit, zunächst ein Modell in Holz durch Handarbeit herzustellen, um an demselben das zweckmässigste Arrangement zu ermitteln, sowie die Eigenthümlichkeiten der bezüglichen Bewegungsvorgänge zu studiren.

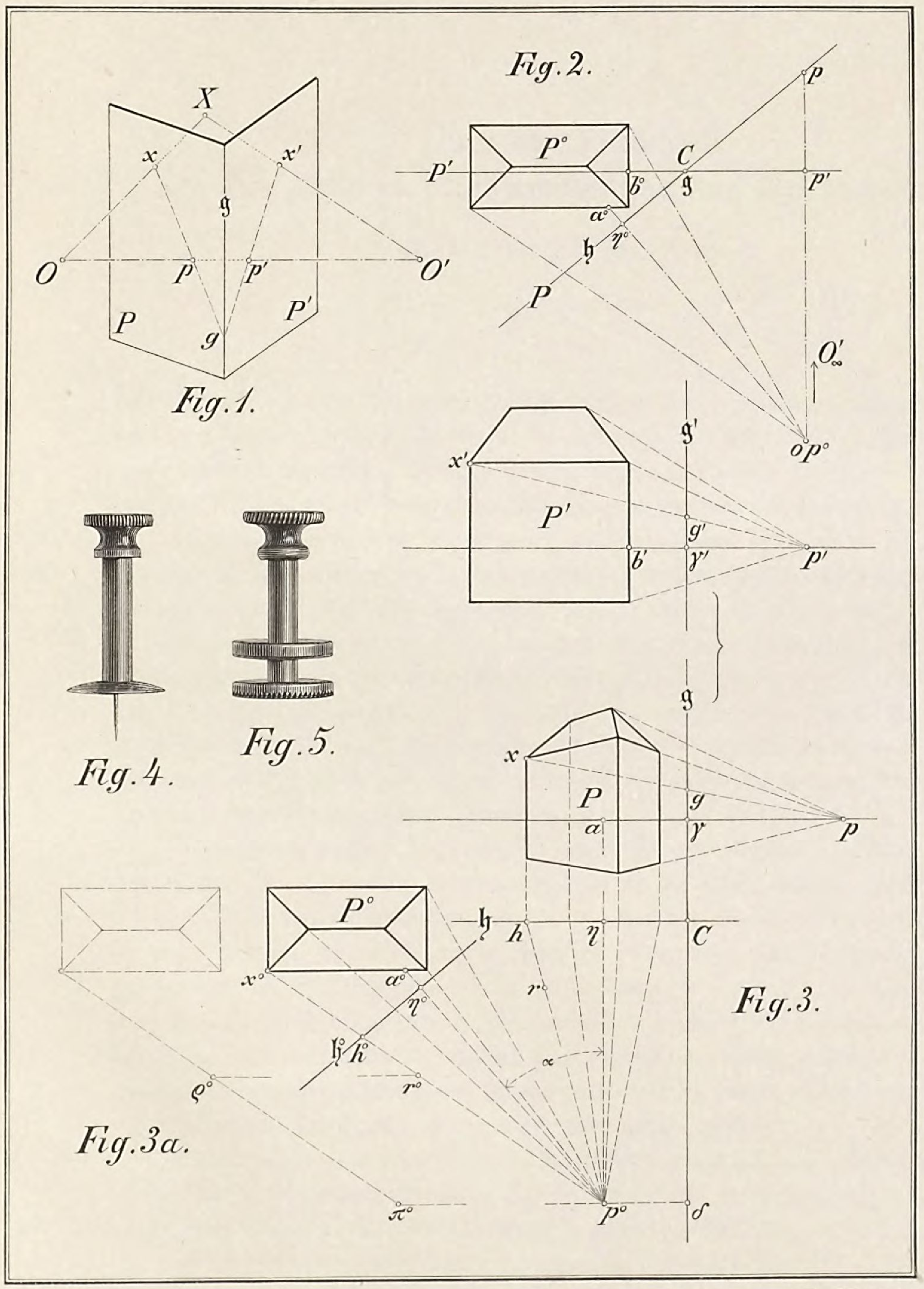
Bei der Ausführung des Apparates in Metall durch den Feinmechaniker würden an Stelle der geschlitzten Lineale zweckmässiger Rundstäbe — und an Stelle der Stifte horizontale, um eine verticale Achse drehbare Hülsen gesetzt werden, in welchen sich die Rundstäbe verschieben. Die Hülsen würden mit Frictionsrollen versehen und an allen Unterstützungspunkten (z. B. namentlich als Ersatz für die *Unterstützungsbänkchen*) würden Laufrollen angebracht werden, so dass jegliche gleitende Reibung beseitigt wäre. Alle bei den neueren Pantographen angewendeten Feinheiten würden zur Verwerthung gelangen. Die Subtilität der Bewegung kann dadurch auf's äusserste gesteigert werden.

Der vorgeführte Apparat stellt nur eine Specialform einer allgemeineren Gattung von Apparaten (*Trikolographen*) vor, welche alle auf dem Princip beruhen, dass die auf den *Fundamentalsatz II, a* sich gründende geometrische Construction der Aufgabe: aus zwei gegebenen Projectionen eines räumlichen Objectes eine beliebige dritte Projection herzustellen, — in einen Mechanismus übertragen wird. So kann aus den nämlichen Einzelbestandtheilen, aus denen sich der vorgeführte Apparat zusammensetzt, ein Apparat zusammengestellt werden, welcher die Perspective aus gegebenem Aufriss und Seitenriss liefert, oder ein solcher, welcher die photogrammetrische Aufgabe löst, den Grundriss oder Aufriss aus zwei Perspectiven zu ermitteln, u. s. f.

Hierüber bleibt weitere Mittheilung vorbehalten.

Tafel I.





G. Hauck.

Über das Verhalten der Tidewelle in Flussmündungen und Meeresbuchten.

Von Christian Havestadt.

Die Bewegung des Wassers erfolgt in den mit dem offenen Meere in Verbindung stehenden Flussläufen unter wesentlich anderen Verhältnissen und nach anderen Gesetzen, wie die Bewegung des Wassers in den in dieser Beziehung lediglich dem Gesetz der Schwere unterstehenden Binnengewässern.

In letzteren ist die Bewegung des Wassers eine dem Auge offenkundige Erscheinung; nach Erkenntniss des Gravitationsgesetzes war die Nutzanwendung auf die Bewegung des Wassers in Gerinnen unschwer zu ziehen, und hatte es sich, bei den bisherigen Versuchen betreffs Aufstellung geeigneter Geschwindigkeitsformeln, lediglich um die Bestimmung der Reibungswiderstände zu handeln, welche den Lauf des Wassers hindernd beeinflussen. Auf die Lösung dieser — allerdings nicht leichten — Aufgabe, waren die bisherigen und sind die noch andauernd fortgesetzten Arbeiten der Hydrotekten gerichtet.

Wesentlich anders liegen die Verhältnisse bezüglich der Fortpflanzung der Tidewelle. Ist das Bewegungsgesetz derselben schon innerhalb des offenen Meeres schwer festzustellen, so wächst die Schwierigkeit bei den in das Binnenland sich erstreckenden Verzweigungen desselben. Die erzeugende Kraft der Tidewelle, die Anziehungskraft der Gestirne auf die den Erdball umgebende Wasserhülle, erfährt eine Umgestaltung in der Nähe des Festlandes, einmal zu Folge der verringerten Wassertiefen, sodann wegen der Richtungsänderungen, welche durch vorgelagerte Inseln, vorspringende Landzungen u. s. w. veranlasst werden.

Auch sind von Einfluss die aus dem Binnenlande dem Meere zuströmenden Süswassermengen, deren thalwärts gerichtete Kraft die der entgegengesetzt wirkenden Tidewelle allmälig aufhebt.

Während in den Binnengewässern, wenigstens für kürzere Zeitabschnitte, die Wassermenge als constant angesehen werden kann, wechselt dieselbe unter dem Einfluss der Tidewelle von Secunde zu Secunde; auch ist bei letzterer die Bewegungsrichtung, entsprechend der abwechselnd der Fluth und Ebbe folgenden Strömung, eine doppelseitige,

während gleichzeitig hierbei noch die Zeitdauer jeder Bewegungsrichtung, je nach der Stellung der beeinflussenden Gestirne sowie der Windrichtung, innerhalb grösserer Grenzen schwankt.

Entsprechend der Vielseitigkeit dieser Factoren, ist auch das Verhalten der Tidewelle, bezw. das Gesetz der Fortbewegung derselben, um so schwerer festzustellen, als praktische Beobachtungen, welche eine Theorie unterstützen könnten, im Ebbe- und Fluthgebiet ungleich schwieriger anzustellen sind.

Zweck dieser Abhandlung soll es denn auch weniger sein, bestimmte neue Resultate fördern zu wollen; vielmehr soll dieselbe dazu dienen, die bisherigen Anschauungen auf diesem Gebiete kurz zusammen zu fassen und an der Hand weiterer Gesichtspunkte zu fortgesetzten Arbeiten anzuregen.

Die Tidewelle, welche in die Strommündungen, bezw. in Meeresbuchten eintritt, ist als ein Theil der grossen Tidewelle des Oceans zu betrachten. Um so vollkommener untersteht die Flussmündung der Einwirkung derselben, je mehr ihre Richtung mit der Ursprungsrichtung der Tidewelle, d. h. derjenigen, die sie in der offenen See hatte, zusammenfällt. Wie eine Richtungsänderung bei den nach dem Gesetz der Schwere bewegten Körpern, eine Verlangsamung der Geschwindigkeit zur Folge hat, so ist dies auch bei der Tidewelle der Fall. Bei letzterer ist dies von um so grösserer Bedeutung, als der einmal verloren gegebene Theil an absoluter lebendiger Kraft hier nicht wieder ersetzt werden kann.

Während die Geschwindigkeit der Tidewelle im offenen Ocean eine fast unbegrenzte ist, insofern als sich dieselbe gleich der meridionalen Umdrehungsgeschwindigkeit der Erde in Beziehung zum Monde stellt, wird sich dieselbe innerhalb der vom Ocean mehr oder weniger abgeschlossenen, in der Nähe des Festlandes belegenen Meerestheile ganz beträchtlich verlangsamen. Denn da die kleineren, nur Bruchtheile der Hemisphäre bedeckenden Meerestheile vorzugsweise nur durch den Zusammenhang mit dem Ocean an dem Ebbe- und Fluthprocess theilnehmen, und weniger also die local-siderische Atraction als die Wellenschwingung des benachbarten Oceans auf den Ebbe- und Fluthvorgang daselbst von Einwirkung ist, so muss sich das Bewegungsgesetz der Tidewelle hier nach anderen Rücksichten bestimmen. Die grosse Fluthwelle des Oceans wird sich beim Eintritt in kleinere, sackförmig geschlossene Meerestheile verlangsamen, da die mangelnde Ausdehnung derselben die Entwicklung einer eigenen Tidewelle, bezw. eine Ergänzung der verloren gegangenen lebendigen Kraft verhindert und Sohlen- und Küstenreibung die Ursprungs-

geschwindigkeit allmälig verringern. Wird, wie dies bei der Nordsee der Fall, die Verbindung mit dem Ocean durch enge Schläuche — den Canal la Manche und die schottisch-norwegische Bucht — gebildet, denen demnächst ein breiteres Fahrwasser folgt, so muss die Tidewelle, nachdem sie noch mit relativ grosser Geschwindigkeit den Schlauch passirt hat, innerhalb des sich erweiternden Querschnittes besonders schnell erlahmen. So kommt es, dass die in die Nordsee eintretende Fluthwelle, nachdem sie nochmals das Kattegatt und Skagerrak mit deren Profilverengungen und demnächstigen Erweiterungen durchflossen hat, an den Belten und am Sund an Geschwindigkeit und schliesslich auch an Höhe soweit erlahmt, dass für die Ostsee der Ebbe- und Fluthwechsel kaum noch zu constatiren ist. Ähnlich liegen die Verhältnisse am Mittelländischen Meer. Wenn auch nicht in dem Grade, wie bei der Ostsee, so vernichtet doch auch hier die Enge der Strasse von Gibraltar die Tidewelle derartig, dass in dem hinter der Halbinsel Spanien sich gleich stark erweiternden Pofile nur wenig mehr von derselben vorhanden bleibt. Der Umstand, dass das Mittelländische Meer eine grössere Ausdehnung von Osten nach Westen besitzt, mag allerdings der Entfaltung einer eigenen, wenn auch unbedeutenden Tidewelle wiederum günstig sein. Wenigstens erreicht der Tidewechsel in dem sich allmälig zusammenziehenden Adriatischen Meer wieder eine merkbare Höhe.

Während die Geschwindigkeit der Tidewelle in einem abgeschlossenen Meeresarme nach Vorstehendem unter allen Umständen abnimmt, kann hierselbst der Tidewechsel gleichwohl noch zunehmen. Beispiele hierfür sind u. A. namentlich die Bucht von Bristol, die Fundy bay u. s. w. Es liegt dies darin begründet, dass die lebendige Kraft der Tidewelle in enger begrenzten Meerestheilen eine Concentration erfährt. Es tritt alsdann die Erscheinung auf, dass ein sogenannter Auflauf der Tidewelle stattfindet. So wenig dies vorläufig noch mit Zahlen, bezw. durch Nivellements belegt werden kann, so scheint hierbei die Annahme begründet, dass es sich bei höheren Tidewechseln vorzugsweise um eine Steigerung des Hochwasserstandes und nicht sowohl um eine gleichzeitige Senkung des Niedrigwasserspiegels handelt. Mit anderen Worten ausgedrückt, würde also das Hochwasser an Küstenpunkten mit grossem Tidewechsel wesentlich mehr als mit der Hälfte des letzteren über dem sogenannten mittleren Wasserspiegel des Meeres liegen. Es setzt dies voraus, dass, wie auch wohl zutreffend, in der Nähe der Küste die symmetrische Schwingung, die die Tidewelle im Ocean besitzt, gestört ist.

Das Niedrigwasser würde danach einen sichereren Anhalt für eine vergleichende Höhenlage der verschiedenen Meeresspiegel geben, und wäre es demzufolge dann unrichtig, wie dies gewöhnlich geschieht,

das algebraische Mittel aus Hoch- und Niedrigwasser für die vergleichende Höhenbestimmung als maassgebend anzunehmen.

Es liesse sich dies beispielsweise durch das verhältnissmässig kurze Nivellement von der Maassmündung bei Brielle bis Boulogne feststellen. An ersterem Punkte beträgt der Tidewechsel — vergleichsweise — nur 1.5^{m}, bei Boulogne dahingegen 7.6^{m}.

Interessant wäre es übrigens noch zu ermitteln, welchen Einfluss die Umdrehung der Erde, die eine Wellenschwingung in der Richtung von Osten nach Westen veranlasst, auf den Auflauf der Tidewelle hat, ob also nicht allein bezüglich der Differenzen des Niedrig- und Hochwassers ein und desselben Punktes, in Beziehung zu dem absoluten Mittelwasser desselben Seegebietes, vielmehr auch bezüglich der Höhenlage des mittleren Wasserspiegels an den verschiedenen Küsten des Oceans ein Unterschied existirt. Ist beispielsweise das Mittelwasser des Atlantischen Oceans an der Westküste Europas ein anderes, als an der Ostküste Americas? Bezw. ist der Wasserstand an der Ostküste Americas am Atlantischen Ocean ein anderer, als an der Westküste am Stillen Ocean?

In weit höherem Grade, wie sich die Umgestaltungen der Tidewelle in den dem Continent benachbarten Meerestheilen ergeben, sind solche in den weiteren Verästelungen derselben, d. h. den Meeresbuchten und Flussmündungen zu constatiren.

Die Tidewelle verliert an Geschwindigkeit, sie gewinnt indessen im Allgemeinen an Höhe. Die lebendige Kraft, welche ihr von aussen her inne wohnt, erhält sich so lange, bis die entgegenstehenden Widerstände dieselbe erlahmen machen. Je geringer die Widerstände sind, die die Bucht, bezw. der Flusslauf der Fortpflanzung der Tidewelle entgegenstellen, mit desto grösserer Geschwindigkeit wird sie aufwärts dringen. Da aber unter allen Umständen von der lebendigen Kraft der Tidewelle auf diesem Lauf verloren geht, und die erzeugende Kraft, die Anziehung des Mondes und die Rotation der Erde auf die Wassermassen abgeschlossener Buchten nicht mehr wie auf den offenen Ocean von Einwirkung sein kann, so wird die Tidewelle nur da länger anhalten, wo der Querschnitt der Bucht, bezw. des Flusslaufes im richtigen Verhältniss zu der noch vorhandenen Kraft steht. Trichterförmige Buchten werden dieselbe daher wesentlich länger conserviren, als solche mit constantem Querschnitt.

In engem Zusammenhang mit der Erhaltung der lebendigen Kraft der Tide steht auch die Dauer der Theilabschnitte derselben. Während im offenen Ocean die Dauer der Fluth genau gleich der der Ebbe sein wird, verschiebt sich dies Verhältniss in den abgetrennten Meerestheilen. Die erstere verkürzt sich allmälig zu Gunsten der Ebbe, bis sie an der

sogenannten Fluthgrenze gleich Null wird, und der ganze Process des Ebbe- und Fluthwechsels in dem Thallauf des Oberwassers aufgeht.

Als normal ausgebildet wird im Allgemeinen der Flusslauf gelten können, dessen Hochwasserlinie horizontal ist; steigt dieselbe an, so darf dies als ein Zeichen dafür gelten, dass im oberen Laufe zu starke Contractionen vorhanden sind, die die Tidewelle nöthigen, die ihr innewohnende lebendige Kraft zum sogenannten Auflauf zu verwenden. Das Umgekehrte findet statt in einem zu weiten Flussschlauche. Da die lebendige Kraft alsdann nicht ausreicht, die Wassersäule des nächst folgenden oberen Profils in eine gleiche Schwingung zu versetzen, so muss der Wasserspiegel bezüglich der Höhe zurückbleiben.

Übrigens kann auch ein Ansteigen der Sohle die Veranlassung sein, wenn die Hochwasserlinie einen Auflauf der Tidewelle zeigt, da die Wassermassen der weiter aufwärts belegenen Profile, nach Abzug der zu Folge des Verlustes an lebendiger Kraft zurückbleibenden Mengen, auch hier den durch die Tidewelle in Schwingung versetzten Partikeln der unteren Profile folgen müssen.

Eine Relation zwischen der Höhe des Auflaufs der Tidewelle und der Geschwindigkeit der Fortpflanzung lässt sich nicht aufstellen, vielmehr ist erstere lediglich abhängig von der Ausbildung des Wasserlaufs. Rücksichtlich der letzteren steht nur so viel fest, dass, je geringer die der Ausbreitung der Tidewelle entgegenstehenden Schwierigkeiten sind, desto grösser auch die Geschwindigkeit sein wird. Aus eben diesem Grunde ist die Geschwindigkeit im offenen Ocean die grösste und lässt sich ebenso folgern, dass die Geschwindigkeit der Tidewelle in einer Bucht mit binnenwärts fallender Hochwasserlinie grösser sein wird, als im umgekehrten Fall. Bei trichterförmiger Gestaltung der Bucht kann zwar auch der Fall eintreten, dass die Geschwindigkeit der Tidewelle im weiteren Verlauf, wenn auch nicht sich erhöht, so doch auf längere Zeit noch constant bleibt; dieser Fall kann indessen nur bei besonders vortheilhafter Ausbildung der Profile, d. h. bei einer der Abnahme der lebendigen Kraft genau correspondirenden allmäligen Verringerung der Querschnitte eintreten.

Es ist bekannt, dass der Tidewechsel in allmälig sich zusammenziehenden Meerestheilen grösser ist, als im offenen Ocean, und dass er eine weitere Zunahme erfährt namentlich in solchen Meeresbuchten und Flussmündungen, die mit der Richtung der Tidewelle möglichst zusammenfallen. Bei St. Helena beträgt der Tidewechsel nur 1.5^{m}, während derselbe am Äquator noch unter 1.0^{m} geschätzt wird und derselbe in dem südlichen Polarmeer, der eigentlichen Erzeugungsstelle der Tidewelle, noch weniger betragen muss. Da wo, wie beispielsweise in bestimmten Theilen des irischen Canals und an der Themsemündung, mehrere Tidewellen von

gleichem relativen Stundenalter sich vereinigen, steigert sich der Tidewechsel und in diesem Falle auch die Geschwindigkeit der Tidewelle, um ein bedeutendes. Umgekehrt müssen sich da, wo zwei Tidewellen von ungleichem Stundenalter, die eine beispielsweise mit fluthendem, die andere mit ebbendem Wasser zusammentreffen, Geschwindigkeit wie Höhe der Fluthwelle verringern; es trifft dieser Fall beispielsweise an der nordholländischen Küste ein.

Nach Scott Russell ist das Gesetz der Forpflanzung der Tidewelle folgendes: Die Geschwindigkeit, mit der sich die Tidewelle fortbewegt, ist in einem rechteckigen Querschnitt gleich der Geschwindigkeit eines Körpers, die dieser beim freien Fall aus der halben Höhe zwischen Wasserspiegel und Sohle erreicht. In einem Wasserlauf von dreieckiger Querschnittsform entspricht der Geschwindigkeit dahingegen einer Fallhöhe von $^1/_3$ der Wassertiefe; bei parabolischem Querschnitt einer Fallhöhe von $^3/_8$ bezw. $^3/_{10}$ der Tiefe, je nachdem die Sohle concav oder convex geformt ist. Allgemein soll also die Geschwindigkeit einer Fallhöhe entsprechen, die gezählt wird vom Wasserspiegel bis zum Schwerpunkt des Querschnitts. Nach Russell soll ferner die Geschwindigkeit in Wasserläufen von constanter Tiefe unabhängig von deren Breite sein.

David Stevenson (vergl. Canal and river Engineering II. Aufl. S. 159) bemerkt hierzu, dass nach seinen Erfahrungen die Neigung der Sohle bezw. der Niedrigwasserlinie den Grad der Fortpflanzung der Tidewelle, unabhängig von der Form oder Tiefe, bestimme und dass danach eine Verringerung der Neigung eine Vergrösserung der Geschwindigkeit zur Folge habe.

Was nun den Werth dieser beiden, in gewissem Sinne sich entgegenstehenden Ansichten angeht, so möchte die Wahrheit auf beiden Seiten liegen. Die eine schliesst die andere nicht aus, vielmehr wird ebensowohl die Tiefe des Fahrwassers wie die Neigung der Sohle auf die Fortpflanzung der Tidewelle von Einfluss sein, da beide einen Maassstab für die Bestimmung der Bewegungswiderstände liefern. Rücksichtlich des grösseren Einflusses dürfte indessen in erster Linie die Ansicht Stevenson's in den Vordergrund treten. Beispielsweise zeigen die beiden hervorragendsten Beispiele von erfolgreichen Flussregulirungen aus neuerer Zeit, nämlich des Tyne und Clyde in England, dass gerade die Horizontirung der Sohle, bei gleichzeitiger gleichmässiger Ausbildung der Querprofile auf die schnellere Fortpflanzung der Tidewelle von Einfluss gewesen ist. Es hat sich bei beiden Flüssen die Zeitdauer der Fortpflanzung der Tidewelle auf der regulirten Strecke, nämlich von Tynemouth bis Newcastle bezw. Greenock bis Glasgow auf $^1/_6$, bezw. $^1/_4$ der ursprünglichen reducirt und müsste danach vergleichsweise, nach der Scott Russell'schen Formel, die Tiefe im Quadrat der reciproken Werthe dieser Zahlen zugenommen

haben, was selbstverständlich nicht der Fall ist. Als erste Folge der Vertiefung der Sohle zeigt sich in solchen Fällen allgemein die Senkung des Niedrigwasser-Spiegels und ist gerade hierin das Hauptmittel für die Vergrösserung der Geschwindigkeit der Tidewelle zu erblicken. Nicht mehr gezwungen, bergauf zu schwingen, wird sie nicht allein ungleich schneller die bisherige Fluthgrenze erreichen, vielmehr, vermöge der besseren Erhaltung der lebendigen Kraft, gleichzeitig noch über das ursprüngliche Ziel hinausschiessen. Selbstverständlich kann bei derartigen Regulirungen ebenfalls noch eine absolute Erhöhung des Hochwasser-Spiegels stattfinden, indessen wäre dies keine Folge der Vertiefung der Sohle selbst, vielmehr lediglich einer besseren Ausbildung der unteren Profile des Stromes. Der Hauptgewinn liegt, abgesehen von der Erhöhung der Geschwindigkeit der Tidewelle selbst, in der Erhöhung des Fluthwechsels, wodurch nicht allein an nutzbarer Schifffahrtstiefe, sondern gleichzeitig noch an disponibler Wassermenge für die Spülung und bezw. Unterhaltung und weitere Erhöhung der Schiffbarkeit gewonnen wird.

Selbstverständlich liefert die absolute Tiefe des Fahrwassers gleichfalls einen Maassstab für die Entfaltung der Geschwindigkeit der Tidewelle, einmal weil die in Schwingung befindliche Wassersäule rücksichtlich ihrer Kraft proportional ihrer Mächtigkeit ist, sodann aber gleichzeitig noch, weil mit zunehmender Tiefe auch der Werth $\frac{F}{p} = h_m$ zunimmt, bezw. der Reibungswiderstand abnimmt. In diesem letzteren Sinne wäre denn auch die Ansicht SCOTT RUSSELL's zu deuten, wenn er der Breite des Wasserlaufs keinen Einfluss auf die Entfaltung der Tidewelle beimisst. Es kann dies nämlich nur unter der Voraussetzung zutreffen, dass es sich in derartigen Fällen grösstentheils um breite Wasserläufe handelt, bei denen der Reibungsverlust an den Ufern, mit Rücksicht auf die ausgedehnte Breite und Tiefe vernachlässigt werden kann. Für die oberen Partien der Flussläufe würde diese Annahme nicht mehr folgerichtig zu machen sein.

Von Bedeutung für die Geschwindigkeit der Tidewelle erscheint noch die absolute Höhe des Tidewechsels. Dies könnte sich allerdings nur auf die vergleichende Berechnung der Geschwindigkeiten von Tidewellen in gleichgearteten, länger gestreckten Flussmündungen beziehen. Denn die Tidewelle des Oceans hat, wie bereits an früherer Stelle erwähnt, bei beziehungsweise grösster Geschwindigkeit die geringste Erhebung. Insofern aber in Meeresbuchten der Tidewechsel einen Maassstab für die lebendige Kraft der Tidewelle abgiebt, die letztere aber das Geschwindigkeitsmaass der Fortbewegung bestimmt, muss auch der Tidewechsel einen weiteren Factor für die Geschwindigkeit der Tidewelle enthalten. Es liegt hierin zwar ein scheinbarer, nicht voll gelöster Widerspruch mit

früher Bemerktem, indessen sei wiederholt darauf verwiesen, dass die Tidewelle in Meeresbuchten, wenn zwar auch ein Theil der Tidewelle des Oceans, so doch nicht mehr wie diese ein reines Product der Anziehung der Gestirne bildet, sondern vorzugsweise bereits nach den dynamischen Gesetzen des Erdballes selbst geregelt wird. Übrigens sei noch hervorgehoben, dass diese Auffassung von der Einwirkung des Tidewechsels auf die Geschwindigkeit mit der von Russell gemachten Beobachtung (vergl. Stevenson, Canal and river Engineering II. Aufl. S. 159) übereinstimmt, wonach Springtiden sich rascher fortbewegen als Nipptiden. Dass die Geschwindigkeit innerhalb der Ebbe- und Fluthperiode selbst schwankt, ist selbstverständlich, da die Bewegungsrichtung gegen die Culmination derselben umsetzt und vorübergehend gleich Null wird.

Die Gesichtspunkte, nach denen eine Geschwindigkeitsformel für die Bewegung der Tidewelle aufzustellen wäre, sind in Vorstehendem erörtert. Mangels genügender Beobachtungsresultate für die Bestimmung der Coefficienten muss indessen bis auf Weiteres auf die Formulirnng derselben diesseits verzichtet werden.

Die Geschwindigkeit, mit der sich die Tidewelle fortpflanzt, ist übrigens nicht zu verwechseln mit der sichtbaren Geschwindigkeit, welche das Wasser während des Ebbe- und Fluthprocesses zeitweise erhält, und die, dem Auge erkenntlich, den sogenannten Ebbe- beziehungsweise Fluthstrom bildet. Während die Geschwindigkeit, mit der sich die Fluthwelle fortpflanzt, eine von der Schwerkraft der Erde unabhängige, wenigstens nicht durch diese hervorgerufene Erscheinung ist, wird der Ebbe- und Fluthstrom eben durch diese erzeugt. Sie ist lediglich abhängig von dem Gefälle des Wasserspiegels, das sich während der Ebbe- und Fluthperiode entwickelt. Es ist diese Geschwindigkeit zwar erheblich geringer als die der Tidewelle selbst, wenn sich auch nicht läugnen lässt, dass eine gewisse Relation zwischen beiden existirt. Denn die Geschwindigkeit der Tidewelle ist mit abhängig, wie in Früherem bemerkt wurde, von der Höhe des Tidewechsels. Je grösser aber der letztere ist, desto grösser werden auch die Wasserstandsdifferenzen sein können, die zwei benachbarte Profile aufweisen. Es existirt nun die scheinbar eigenthümliche Erscheinung, dass eine Fluthströmung vorhanden ist in einem Fluss, dessen Hochwassercurve ein Ansteigen (den sogenannten Auflauf der Tidewelle) von der Mündung flussaufwärts zeigt. Während das Ansteigen der Hochwassercurve selbst, wie in Früherem ausgeführt, eine Folge der lebendigen Kraft der Tidewelle, sowie der gleichzeitigen trichterförmigen Contraction des Bettes ist, würde, nach physikalischen Gesetzen, eine Strömung selbst sich schwerlich ergeben können, wenn nicht zu berücksichtigen wäre, dass dies Ansteigen gleich-

zeitig durch den Anstau der weiter aufwärts befindlichen Wassermassen bewirkt wird und dass vor allem die Hochwassercurve nicht die Wasserstandscurve ein und desselben Augenblicks ist, vielmehr ein längeres Zeitintervall umfasst. Der Auflauf der Tidewelle wird namentlich beim Übergang aus dem weiteren in das engere Profil sich ergeben. Während hierselbst das endgültige Resultat der lebendigen Kraft der Tidewelle ein Auflauf des Wassers innerhalb des engeren Profils sein muss, ist bis zur Erschöpfung der lebendigen Kraft der Tidewelle ein Aufstau in dem vorangehenden Profile vorhanden, der gerade an dieser Stelle eine grössere Strömung erzeugen muss.

Im Allgemeinen wird sich nun Folgendes ergeben: Je grösser die Widerstände sind, die das Flussbett der Entfaltung der Tidewelle entgegensetzt, desto grösser werden die localen Wasserstandsdifferenzen sein, die ihrerseits zu den Tideströmungen Veranlassung geben. Beispielsweise wird die Fluthströmung in einem Flussbett mit ansteigender Sohle stärker sein, als in einem solchen mit horizontaler Sohle. Dieselbe Erscheinung wird sich in starken Stromkrümmungen, sowie auf Strecken von anormaler Profilausbildung ergeben. Es lässt sich danach behaupten, dass die Stromgeschwindigkeit im umgekehrten Verhältniss zu der Geschwindigkeit der Tidewelle steht. Wie einerseits das Maximum der letzteren das Charakteristische einer gut ausgebildeten Strommündung ist, so ist es anderseits das Minimum der Strömung selbst. Es steht dieser Satz nicht im Widerspruch mit der vorhin aufgestellten Behauptung, dass die Strömung selbst als eine Function der Geschwindigkeit der Tidewelle aufzufassen sei. Letztere ist eben dahin zu verstehen, dass die Strömung — in absoluten Zahlen gemessen, — in einem Flusse mit lebhafter Tidewelle grösser sein muss, als in einem solchen mit matter Tidewelle, — selbstverständlich eine gleich vortheilhafte Profilausbildung beider Flussläufe vorausgesetzt. Oder mit andern Worten: In ein und demselben Flusse wird die Strömung einer Springtide lebhafter sein, als die einer Nipptide.

In engem Zusammenhang mit dieser Frage steht die Erscheinung der Sturzwelle (engl. bore, franz. mascaret, spanisch pororoca).

Tritt der Fall ein, dass durch Untiefen, Barrenbildungen, Stromkrümmungen, der Entfaltung der Tidewelle grössere Hindernisse bereitet werden, das Wasser also aufstaut, so wird unter Umständen die Geschwindigkeit der Strömung bedeutender, als die der Tidewelle selbst. Es zeigt sich diese Erscheinung vorzugsweise gleich zu Eingang der beginnenden Fluth, zu einer Zeit eben, wo das Fahrwasser die geringste Tiefe besitzt. Dem noch ebbenden Wasser tritt plötzlich eine mit um so grösserer Stromgeschwindigkeit fliessende Wassermenge der Fluthwelle entgegen, je geringer die Fortpflanzungsgeschwindigkeit der letzteren

selbst ist. Die Folge dieser Erscheinung ist die Entwicklung einer stärkeren Strömung der Wassermassen, sowie die Bildung von Sturzwellen, und zwar hält dieser Process so lange an, bis durch das allmälige Anwachsen des Wassers der Querschnitt der fraglichen Stelle so weit vergrössert ist, dass die Tidewelle ein gleichmässiges, für ihre Fortpflanzung ausreichend günstiges Profil vorfindet. Es ist ohne weiteres klar, dass in der Nähe der Ufer, wo sich im Allgemeinen das flachere Fahrwasser und dementsprechend auch für die Tidewelle die grössten Bewegungswiderstände vorfinden, die Sturzwellen grösser sein müssen, als im tieferen Fahrwasser in der Mitte der Fahrrinne. Dies wird durch die Erfahrung bestätigt; — am Severn, in der Seine, im Mississippi, in denen die gedachten Erscheinungen zeitweise in ganz besonders hohem Grade hervortreten, pflegen die Schiffer zur Zeit des Erscheinens der Sturztide allemal die Ufer zu verlassen und das tiefe Fahrwasser aufzusuchen. Hagen giebt für die Bildung von Sturzwellen eine andere Erklärung. Nach ihm soll in gewissen Strömen, namentlich solchen, die, vermöge eines tiefen Fahrwassers unmittelbar vor der Mündung, ein lebhaftes Eindringen der Tidewelle gestatten, sich Eingangs der Fluth ein Zwischenraum bilden, in welchem das Wasser still steht und von beiden Seiten gepresst wird. Da die in Folge des Druckes eingetretene Erhebung oder Welle sich indessen nicht an demselben Ort erhalten kann, so läuft sie der Fluth mit grosser Geschwindigkeit vorauf. Welche Erklärung auch die richtigere sei, jedenfalls bilden derartige Unregelmässigkeiten (Untiefen) des Flussbettes, neben den Aussenbarren, eins der gefährlichsten Hemmnisse für den Schifffahrtsbetrieb, das um so mehr, als sie zugleich die einheitliche, ungeschwächte Entwickelung der Tidewelle in Frage stellen. Letztere aber möglichst wirksam zu halten, ist die wichtigste Aufgabe bei Regulirung der Ströme in deren Ebbe- und Fluthgebiete.

Ist Deutschland zwar auch, im Gegensatz zu England, dessen schiffbare Flüsse sich fast ausschliesslich auf das Ebbe- und Fluthgebiet beschränken, so situirt, dass der Schwerpunkt der Entwicklung seiner Binnenschifffahrt auch auf dem eigentlichen Stromgebiet zu suchen ist, so greifen doch auch die Verhältnisse dieser letzteren so einschneidend in die vorerörterten Fragen ein, dass — ganz abgesehen von der Bedeutung der Flussmündungen für die Seeschifffahrt — eine weitgehendste Behandlung dieser Fragen, auf Grund weiter anzustellender localer Untersuchungen und Beobachtungen, als eine der gegenwärtig wichtigsten Aufgaben des Wasserbaues bezeichnet werden muss.

Berlin, im August 1884.

Einiges über die Konstruktion von Kreuzerschiffen.

Von A. Dietrich.

(Hierzu eine Tafel mit 4 Abbildungen.)

Durch die allgemeine Einführung der Panzerschiffe in die Kriegsflotten, die um die Mitte der sechziger Jahre begann, verloren die Holzschiffe bei der Aussichtslosigkeit eines Kampfes gegen gepanzerte Schiffe den wichtigsten Theil ihres Wirkungskreises.

Während das Linienschiff, früher das Segel-Linienschiff, später das Schrauben-Linienschiff, ausschliesslich für das Ausfechten der Seeschlachten, Flotte gegen Flotte, bestimmt gewesen war und daher den Hauptheil jeder Marine bilden musste, trat durch die Verwendung eiserner Panzerplatten zum Schutze der Schiffskörper, durch die Annahme immer schwererer Geschütze und vor Allem auch durch die allgemein gewordene Einführung der Granatgeschütze, ziemlich plötzlich eine derartige Veränderung in allen für die Konstruktion eines Schlachtschiffes maassgebenden Bedingungen ein, dass eine weitere Verwendung der bis vor ganz kurzer Zeit den Stolz und die Hauptstärke jeder Kriegsflotte bildenden Linienschiffe zu eigentlichen Kriegszwecken vollkommen ausgeschlossen erschien und es nur übrig blieb, entweder die Schiffe in Panzerschiffe umzuwandeln, soweit eine solche Umwandlung irgend mit Vortheil ausführbar war, oder die als Muster von Schönheit und Stärke bis dahin betrachteten Schiffe als unbrauchbar geworden abzubrechen.

Wenn nun auch für die eine Hauptthätigkeit der Flotte, für das Auskämpfen von Schlachten, eine vollständige Umwechselung des Materials stattgefunden hatte, so blieben doch noch ebenso wichtige Dienstzweige übrig, für welche eine Verwendung von Panzerschiffen ausgeschlossen war und welche daher dem ungepanzerten, oder was damals gleichbedeutend war, dem hölzernen Kriegsschiffe allein zufielen. Hierher gehört zunächst die Verwendung im politischen Dienste in entlegenen, wenig oder gar nicht civilisirten Gegenden, wo weder schwerere Ge-

schütze, noch modernen Ansprüchen genügende Kriegsschiffe entgegengestellt werden können, so dass kleinere, schwächere, ungepanzerte Fahrzeuge, also Kanonenboote, genügen, um die Flagge zu repräsentiren und den nöthigen Respect einzuflössen. Auch grössere Schiffe, so Glattdeckscorvetten,[1] von den Engländern in ihren kleinen Exemplaren mit dem Namen Sloops bezeichnet, und selbst gedeckte Corvetten und Fregatten werden, je nach der Wichtigkeit der Station und je nach dem Maasse der vorauszusehenden Widerstandsfähigkeit, für diesen Dienst verwendet; nach einigen ostasiatischen und südamerikanischen Stationen entsenden Engländer und Franzosen sogar leichtere Panzerschiffe.

Es liegt hierin mehr die Friedensthätigkeit des ungepanzerten Kriegsschiffes, und sind für diese die Konstruktionsbedingungen nicht sehr hoch gespannte, da geringe Armirung und Geschwindigkeit ausreichen und auch der Kohlenvorrath nicht gross zu sein braucht, wenn auf entsprechende Segelfähigkeit gerücksichtigt wird. Das Schiff kann im Frieden die meisten seiner Reisen, bei denen es ja nur sehr selten auf Geschwindigkeit ankommt, ausschliesslich unter Segel ausführen. Die Dampfkraft wird nur bei sehr schlechtem Wetter, beim Aus- und Einlaufen in Häfen und beim Durchfahren verhältnissmässig enger Meere gegen lange andauernde Gegenwinde zur Verwendung kommen. Dagegen wird für diesen Friedensdienst eine recht starke Besatzung erwünscht sein, um durch Ausschiffen einer möglichst zahlreichen Infanteriemasse bei den halbcivilisirten oder ganz uncivilisirten Völkern allen Forderungen den nöthigen Nachdruck verleihen zu können, was durch die Artillerie des Schiffes in sehr vielen Fällen nur in nicht hinreichendem Maasse geschehen könnte. Hieraus folgt ein verhältnissmässig grosses Schiff, um möglichst bequeme und luftige, daher gesunde Wohnräume schaffen zu können.

Alle diese Forderungen werden durch die vorhandenen älteren Schiffe in ausreichendem Maasse erfüllt.

Für die Zwecke, welche das ungepanzerte Schiff im Kriege zu erfüllen hat, sind dagegen die meisten dieser etwa zehn Jahre alten Fregatten und Corvetten nicht geeignet. Die Anforderungen, welche jetzt an ein ungepanzertes Kriegsschiff gestellt werden, gehen noch ganz ungemein weit auseinander und werden auch bei andauerndem Frieden sich nicht genügend klären können. Nur die wirkliche Gebrauchsnothwendigkeit präcisirt die Forderungen, welche unbedingt erfüllt werden

[1] Unter Glattdeckscorvette versteht man ein grösseres Schiff, das nur auf dem Oberdeck Geschütze führt; die gedeckte Corvette führt die Hauptzahl ihrer Geschütze auf dem zweiten Deck von oben, also im gedeckten Batteriedeck, und nur im Bug und Heck einige Geschütze auf dem Oberdeck; die Fregatte hat im Batteriedeck und auf dem Oberdeck eine volle Armirung der Breitseite.

müssen, wie in neuerer Zeit jeder sich auch auf die See erstreckende Krieg Umwandlungen im Flottenmaterial herbeigeführt hat.

Besonders wichtig war in dieser Hinsicht der Krieg zwischen den Nord- und den Südstaaten der Vereinigten Staaten, der ja zum grossen Theile auf dem Wasser sich abspielte und bei dem die Thaten auf See eine entscheidende Rolle spielten. Die Südstaaten hatten das grösste Interesse, den Seehandel der Nordstaaten durch Wegnahme der Handelsschiffe auf offener See zu zerstören, da sie mangels fast jedes Kriegsschiffes nicht im Stande waren, die nördlichen Häfen trotz des traurigen Zustandes der Vereinigten-Staaten-Flotte zu blockiren. Es blieb ihnen nur das Mittel, Kreuzer auszusenden, welche jedes die amerikanische Flagge führende Handelsschiff wegnahmen und entweder in einen der südstaatlichen Häfen schickten oder, wenn dies nicht möglich war, auf offener See zerstörten. Die Schiffe, welche von den Südstaaten als solche Kaper ausgesandt wurden, waren fast ausschliesslich umgewandelte Handelsschiffe; das Schiff, welches den grössten Ruf durch die Kühnheit seiner Unternehmungen und deren grosse Erfolge sich erwarb, war die »Alabama«, die speciell für diesen Zweck, also als Kriegsschiff, in England erbaut war. Nach modernen Ansichten würde das Schiff allerdings nur sehr mässigen Anforderungen an einen Kreuzer genügen können. Die Möglichkeit, dass die eigentlich ziemlich unzulänglichen südstaatlichen Kreuzer so ausserordentliche Erfolge erzielen konnten, die den Ruin der amerikanischen Rhederei herbeiführten, war darin begründet, dass die Nordstaaten erst gegen Ende des Krieges in die Lage kamen, eine einigermaassen nach Zahl und nach Eigenschaften genügende Flotte in Thätigkeit zu setzen, wie denn z. B. auch die »Alabama« erst durch einen der während des Krieges neuerbauten Kreuzer, den »Kearsage«, vernichtet wurde.

Die in den Nordstaaten gegen das Ende des Krieges in Bau gegebenen Kreuzer wurden nun nach ganz neuen, bei den bisherigen ungepanzerten Schiffen noch nicht aufgestellten und befolgten Grundsätzen erbaut, nicht nur, um den südstaatlichen Kapern mit Erfolg entgegentreten zu können, sondern auch mit Rücksicht auf die Verwickelungen, welche hauptsächlich mit England entstanden waren und die möglicherweise zum Kriege führen konnten.

Mit diesen Schiffen beginnt eine ganz neue Aera im Baue ungepanzerter Kriegsschiffe. Bei ihnen war die beabsichtigte Geschwindigkeit gesteigert bis zu einer Höhe, welche bisher nur als von ganz leichten Fahrzeugen, die speciell nur hierfür gebaut waren, erreichbar gehalten worden war. In England hatte man einige Jahre früher versucht, Fregatten herzustellen, die 13 Knoten Geschwindigkeit erreichen sollten, und hatte auch

bei der Probefahrt die Schiffe, den »Orlando« und »Mersey«, auf diese Geschwindigkeit durch die sehr grosse Maschinenkraft hinaufgetrieben. Man hatte aber ganz und gar übersehen, dass für diese verhältnissmässig hohe Geschwindigkeit die bisher übliche Form der Segelfregatten ganz ungeeignet war. Die Formen dieser letzteren Schiffe und auch nahezu die Verhältnisse ihrer Hauptdimensionen hatte man fast unverändert auf die Schraubenfregatten übertragen, was angängig erschienen war, weil die Hauptbedeutung ja bisher immer noch mehr im Segeln und weniger im Dampfen gesucht wurde. Bei diesen Formen wurde hauptsächlich auf die Erzielung einer möglichst grossen Stabilität hingearbeitet und erhielt die obere Wasserlinie daher eine sehr grosse Völligkeit, während der Boden des Schiffes möglichst scharf gehalten wurde, so dass der Schwerpunkt des ganzen Deplacements so hoch als möglich gebracht wurde. Um eine gute Vertheilung der Segelfläche im Verhältniss zum Deplacement zu erhalten, schob man ausserdem den Schwerpunkt des Deplacements so weit nach vorn, wie bei den Segelschiffen und erhielt hierdurch eine für die geringen Geschwindigkeiten des Segelns und der Auxiliardampfkraft zwar wohlgeeignete Form, die aber für die Erreichung höherer Geschwindigkeiten als ganz ungeeignet bezeichnet werden muss. Die grosse Völligkeit des Buges in der Wasserlinie und in dem darüber liegenden Theile des Vorschiffes brachte ein ungemeines Anwachsen des wellenbildenden Widerstandes hervor, und bei grösserer Geschwindigkeit eine mächtige Bugwelle, derart, dass die mit rationeller Ausnutzung der Maschinenkraft erreichbare Geschwindigkeit eine nur geringe sein konnte. Es zeigte sich dies zuerst recht deutlich bei den erwähnten Probefahrten von »Mersey« und »Orlando«, bei denen zwar die verhältnissmässig hohe Geschwindigkeit erreicht wurde, bei denen aber die durch das übermässige Wachsen des wellenbildenden Widerstandes hervorgebrachte zu grosse Vibration und damit verbundene Lockerung der Verbände des hölzernen Schiffskörpers es rathsam scheinen liess, die grösste Maschinenkraft nur selten zur Anwendung zu bringen und auf eine noch grössere Steigerung der Geschwindigkeit bei Neubauten, als zu anstrengend für Holzschiffe, zunächst zu verzichten.

Weil bei den Schraubenfregatten auf die Erhaltung der Segelkraft ein so bedeutender Werth gelegt wurde, behielt man auch die Einrichtung bei, durch welche zur Verminderung ihres Widerstandes beim Segeln die Schraube aus dem Wasser gehisst werden konnte, den sogenannten Brunnen mit Zubehör. Diese Einrichtung ist nun nicht nur ungemein hinderlich für die Herstellung entsprechend fester Verbände des Hinterschiffes, hauptsächlich bei Holzschiffen, sondern sie hat auch den Nachtheil, dass eine gute Unterbringung des ganzen Rudergeschirrs

kaum angängig ist und dass endlich dem Hinterschiffe Formen gegeben und an demselben Einrichtungen angebracht werden müssen, die für die Erzielung eines guten Nutzeffektes der Schraube nichts weniger als vortheilhaft sind.

Alle diese Nachtheile, welche durch ein strenges Festhalten an dem Althergebrachten, unter möglichst beschränkter Anwendung der unumgänglichsten Abänderungen erzeugt wurden, erkannten die Amerikaner klar und vermieden sie bei den gegen Ende des Secessionskrieges in Bau gegebenen Schiffen.

Zunächst erkannten sie die Nothwendigkeit eines vollkommenen Wechsels in den Formen und den Verhältnissen der Hauptdimensionen, so dass die Schiffe auch ihrer Form nach (mehr Klipperform mit Sackspanten) zu Dampfschiffen und wohl geeignet zur Erreichung höherer Geschwindigkeiten wurden; dann wurde bei diesen Neukonstruktionen, bei denen der Hauptwerth auf der Dampfkraft, weniger auf den Segeleigenschaften lag, auch nicht der Brunnen angewendet, sondern es wurde, um gute Dampferformen auch im Hinterschiffe erzielen zu können, eine sogenannte feste Schraube (als Gegensatz zur heissbaren) ohne Brunnen verwendet. Es wurde hierdurch ausserdem noch der Vortheil erreicht, dass die Schraube drei und vier Flügel erhalten und dadurch günstiger und den Schiffskörper weniger erschütternd arbeiten konnte.

Die Takelage der Schiffe war im Vergleich zu den bisherigen Schraubenfregatten nicht gross, jedoch genügend, um eine selbstständige Fortbewegung des Schiffes ohne Benutzung der Schraube zu gestatten, während man andererseits gesucht hatte, den Kohlenvorrath möglichst gross zu machen, so dass das Schiff unter Dampf recht lange Strecken sollte zurücklegen können. Alle Geschütze dieser Neukonstruktionen waren trotz der bedeutenden Grösse der Schiffe auf dem Oberdeck aufgestellt; ihre Zahl war gegen den bisherigen Gebrauch bedeutend vermindert, dagegen ihr Kaliber vergrössert.

Die Schiffe stellten ihrer ganzen Conception nach eine bewundernswürdige, von allem Hergebrachten vollkommen freigemachte Erfassung der Konstruktionsaufgaben für Kreuzer dar, so dass es als ungemein bedauerlich bezeichnet werden muss, dass der Name des Konstrukteurs des ersten dieser ganz neuartigen Schiffe nicht ganz zweifellos festzustellen ist. Die folgenden Schiffe dieser und einer nächst kleineren Classe wurden von den Unternehmern der Bauausführung nach gegebenen Directiven und in Nachahmung jenes ersten noch im Bau befindlichen Schiffes auch entworfen.

Leider liessen die Detailanordnungen und Detailausführungen von Schiff und Maschine durchgehends fast Alles zu wünschen übrig, der-

artig, dass die Schiffe als vollkommene Fehlbauten zu bezeichnen sind. Indessen erreichte das erste dieser Schiffe, welches als Muster für die erste Classe gedient hatte, der »Wampanoag«[1] (4300 Tonnen Deplacement) die bis dahin für fast unglaublich gehaltene Geschwindigkeit von 16,75 Knoten nach den officiellen vollkommen beglaubigten Angaben und machte nach dem Loggbuche während 36 Stunden auf der Fahrt zwischen New-York und Hampton Roads eine Durchschnittsfahrt von $16^2/_3$ Knoten (11. bis 13. Februar 1868). Keins der anderen von Unternehmern entworfenen und erbauten Schiffe erreichte auch nur annähernd ähnliche Resultate; sie konnten nur $12^3/_4$ und höchstens etwas über 13 Knoten machen, während die Schiffe der nächst kleineren Classe theilweise noch mehr missglückten. So machte »Idaho« statt 15 Knoten nur etwa $8^1/_4$ Knoten. Wie mangelhaft die Ausführung im Vergleich zur Conception war, dürfte hieraus zur Genüge ersichtlich sein; es wird aber das noch klarer, wenn man in's Auge fasst, dass auch »Wampanoag« sehr gründliche Umänderungen erfahren musste, um das Schiff für den gewöhnlichen Dienst brauchbar zu machen. So wurden Kessel aus dem Schiff genommen, um die für die hölzernen, schwachen und unzureichenden Verbände zu grossen Anstrengungen des Schiffskörpers durch Reduction der Maschinenkraft auf das richtige Maass zu bringen. Es wurde ferner der Kohlenvorrath vermindert, Geschütze wurden herabgenommen, ein Spardeck wurde zugefügt, um einigermaassen erträgliche Wohnräume für die Mannschaft zu schaffen, kurz das Schiff, wie es wenige Jahre noch bestand, war nur ein schwaches Abbild des ursprünglich beabsichtigten Schiffes.

Mag dies aber sein, wie es will, es gebührt unstreitig den Konstrukteuren der nordamerikanischen Marine das Verdienst, mit dem Althergebrachten und Veralteten im Bau von ungepanzerten Kreuzern gebrochen und ganz neue Gesichtspunkte in diesen wichtigen Zweig des Kriegsschiffbaues gebracht zu haben.

Kurze Zeit nach der Inbaugabe der amerikanischen Schiffe wurden auch in Frankreich ungepanzerte Schiffe nach denselben neuen Principien in Bau genommen, die ungefähr den Schiffen der zweiten kleineren amerikanischen Classe, wie diese gedacht waren, glichen, aber in Frankreich in Folge ihrer durchaus angemessenen Ausführung auch vollkommen den Erwartungen entsprachen. Es wird diese Classe repräsentirt durch den »Infernet«, eine Glattdeckscorvette von etwa 1900 Tonnen Deplacement und $14^1/_2$ Knoten Geschwindigkeit.

[1] Bei späterer Regelung der Art der Namensgebung der Schiffe der Vereinigten Staaten wurde dieser indianische Name in »Florida« umgewechselt.

Bei den vorher schon erwähnten politischen Verwickelungen zwischen den Vereinigten Staaten und England hatte letzteres mit grossem Misstrauen die Inbaugabe der neuartigen Fregatten und Corvetten verfolgt, die nach dem Vorgange der »Alabama« dem englischen Handel auf das Äusserste schädlich werden konnten und mussten, besonders da ein Überblick über die so zahlreiche englische Flotte doch zu der Erkenntniss führte, dass kein Schiff in derselben vorhanden sei, das auch nur annähernd den amerikanischen Schiffen, wie diese geplant waren, gewachsen sei. Die natürliche Folge davon war, dass der damalige geniale Konstrukteur der englischen Marine, Mr. Reed (jetzt Sir Edward Reed), den Auftrag erhielt, die Entwürfe für Fregatten und für Corvetten zu machen, die in jeder Hinsicht den amerikanischen Schiffen mindestens ebenbürtig seien. Hieraus entstanden die Fregatte »Inconstant« und die Corvette »Volage« mit ihren Nachfolgern. Ausserdem wurde noch eine bedeutend kleinere Gattung von Corvetten, die sogenannte »verbesserte Alabama-Classe« in Bau genommen. Bei den beiden grösseren Schiffsclassen ist ein so vollständiges Loslösen von dem Althergebrachten, wie es bei den amerikanischen Schiffen geschehen war, nicht zu bemerken, es wurde vielmehr die Bedingung festgehalten, dass vollste Segelfähigkeit (damit verbunden die heissbare Schraube) gewahrt bleibe. Es war hiermit nicht nur ein grosser und für das Dampfen ungünstiger Einfluss auf die Wahl der Dimensionen ausgeübt, da für das Segeln die nöthige Stabilität geschafft werden musste, sondern es musste auch die Form ungünstiger für die Geschwindigkeit unter Dampf werden, wobei in erster Linie mit an die Form des Hinterschiffs und die Consequenzen der Hebeschraube zu denken ist. Insofern bieten die englischen Schiffe daher nichts wesentlich Neues, dagegen war die von Reed speciell für diese Schiffe erfundene Bauweise ein grosser Fortschritt.

Aus den schlimmen Erfahrungen mit den früheren, mit grosser Maschinenkraft versehenen Holzschiffen hatte Reed klar ersehen, dass es nicht möglich sei, aus Holz, selbst bei ganz der Geschwindigkeit angepasster Form, grössere Schiffe herzustellen, welche auf die Dauer im Stande sein würden, die Erschütterungen ihrer mächtigen Maschinen auszuhalten, besonders noch, da die Schiffe nicht nur relativ, sondern auch absolut sehr lang werden mussten. Die Wahl eines neuen Materials, beziehungsweise einer neuen Bauweise, war eine ungemein schwierige. Der einfache eiserne Schiffskörper eignete sich, abgesehen von den Vorurtheilen, welche über die Widerstandsfähigkeit der einfachen Eisenbeplattung gegen Geschosse und die Möglichkeit, die Schusslöcher zu stopfen, bestanden, nicht für einen Kreuzer, der womöglich immer, auch ohne zu docken, seine Geschwindigkeit beibehalten müsste, weil an die eiserne Aussen-

haut, besonders in tropischen Gewässern, zu rasch ein sehr starker, die Geschwindigkeit bedeutend vermindernder Anwuchs sich ansetzt; der Compositebau, d. h. eine Herstellung des Schiffskörpers aus eisernen Spanten mit hölzerner Beplankung, gestattete zwar, einen Beschlag aus Kupfer zur Erhaltung der Glätte des Schiffsbodens anzubringen, bot dagegen nicht die erforderliche Festigkeit für Schiffe der nothwendigen Grösse und Maschinenkraft. Reed erfand daher und wandte hier zum ersten Male eine Konstruktion an, bei welcher zunächst ein vollkommener Schiffskörper aus Eisen mit Längs- und Querspanten und eiserner Aussenhaut hergestellt wird; auf der eisernen Aussenhaut wird alsdann mit eisernen Schraubbolzen eine etwa 80^{mm} dicke Plankenlage aus Teakholz befestigt, die vollkommen wasserdicht in gewöhnlicher Art abgedichtet wird. Auf dieser Plankenlage wird eine zweite, annähernd ebenso dicke Lage aufgelegt und mit metallenen Holzschrauben befestigt; sie wird gleicherweise abgedichtet und es wird ausserdem noch durch Anwendung von Marineleim in reichlicher Menge eine möglichst vollkommene Trennung von der eisernen Aussenhaut herbeizuführen gesucht, derartig, dass zwischen dem auf der zweiten Holzlage anzubringenden Kupferbeschlage und der eisernen Aussenhaut keine, die letztere sonst zerstörende galvanische Action eintreten kann. In Folge dieser Bauweise mussten weiter der Hintersteven und der Rudersteven, sowie der Ruderrahmen ganz aus Bronze hergestellt werden, was für die grösseren Schiffe wie »Inconstant« wohl die grössten bis jetzt überhaupt jemals gefertigten Bronzegussstücke ergab.

Diese ganz neuartige Bauweise bewährte sich auf das Beste und ist heutzutage die alleinige, welche bei grösseren Kreuzern zur Anwendung gebracht wird.

Bei der Bestimmung der Armirung der »Inconstant« wurde ein für ungepanzerte Kreuzer ganz neuer Gesichtspunkt eingeführt; es wurde nämlich die Möglichkeit mit in's Auge gefasst, dass diese ungepanzerte Fregatte mit guter Aussicht auf Erfolg gegen Panzerschiffe sollte kämpfen können. Die Armirung wurde daher der Hauptsache nach aus 10 Geschützen zusammengesetzt, die bei einem Kaliber von 23^{cm} im Stande waren, Panzer von über 21^{cm} Dicke auf grössere Entfernung zu durchbohren. Bei Gelegenheit der Entwürfe dieses Schiffes wurde die viel erörterte, kriegsschiffbaulich so wichtige Frage, ob es richtig sei, einem ungepanzerten Schiffe Panzergeschütze zu geben, weitläufig discutirt und, wie ja das Resultat zeigt, in bejahendem Sinne entschieden. Gleich darauf wurde jedoch gelegentlich der Inbaugabe des verbesserten Schwesterschiffes der »Inconstant«, des »Shah«, die Frage in abermalige Erwägung genommen und nunmehr gegentheilig derartig entschieden, dass nur die Oberdecksbug- und -Heckgeschütze wirkliche Panzergeschütze

sein sollten, während die Zahl der übrigen Geschütze bei bedeutender Verminderung ihres Kalibers fast verdoppelt wurde. Die Möglichkeit der Aufnahme eines Kampfes gegen ein Panzerschiff war hiermit für eine sehr geringe erklärt, wenngleich fast alle Geschütze noch im Stande waren, den dünnen Panzer der leichteren Panzerschiffe zu durchbohren. Auch »Volage« und die Schiffe der verbesserten Alabama-Classe erhielten Geschütze, die eben noch im Stande waren, dünnere Panzer zu durchschiessen. Diese englischen Schiffe entsprachen den Anforderungen vollkommen; sie zeigten sich als gute Segelschiffe, die »Inconstant« sogar als ausgezeichneter Segler, und erreichten die beabsichtigten Geschwindigkeiten, von 16½ Knoten für »Inconstant« und »Shah«, und von 15 Knoten für »Volage«. Den beiden genannten grossen englischen Fregatten entsprechend, und in derselben Bauausführung, bauten sehr viel später die Franzosen die beiden Schiffe »Duquesne« und »Tourville«, die eine noch etwas grössere Geschwindigkeit (16.8 Knoten) erreichten, als ihre englischen Vorbilder.

Die Lehren, welche die Amerikaner zum ersten Male als gültig aufgestellt und in ihren Schiffen zu befolgen gesucht hatten geriethen in der nun folgenden Zeit wieder in Vergessenheit. Die Schiffe nehmen wieder mehr und mehr den Charakter des nur für politische Friedenszwecke bestimmten Kreuzers an; sie erhielten grosse Segelfläche und Brunnen zum Heissen der Schraube, möglichste Bequemlichkeit für Unterbringung der Mannschaft, während die Artillerie meist gegen frühere Zeiten abgeschwächt wurde. Die Geschwindigkeit unter Dampf konnte entsprechend der mit der Zeit immer mehr ausgebildeten Schiffsmaschinenbautechnik immerhin 13 und 14 Knoten und bei den grössten Schiffen sogar 15 Knoten betragen. In dieser Art wurden in England die Fregatten wie »Raleigh« und wie die »Boadicea«-Classe, die Corvette »Rover«, und die Corvetten der Edelstein-Classe, in Frankreich die Fregatten »Aréthuse«, »Iphigénie«, »Najade« gebaut. In Deutschland wurde die Art der für politischen Dienst geeigneten gedeckten Corvetten ganz besonders ausgebildet und wurden neben den grossen Schiffen »Leipzig« und »Prinz Adalbert« noch sechs gleiche gedeckte Corvetten der sogenannten »Bismarck«-Classe, sowie die entsprechenden kleineren Glattdeckscorvetten wie »Carola« etc., erbaut. Österreich stellte ähnliche Schiffe her (»Radetzki«, »Laudon«). Besonders bemerkt muss jedoch werden, dass in Frankreich bei der Konstruktion der Glattdeckscorvetten ihre Verwendung im Kriegsfalle als Kreuzer, sowohl was Geschwindigkeit, wie was Armirung angeht, stets fest im Auge behalten wurde, und so Schiffe wie »Duguay-Trouin« entstanden; in gleicher Weise verfolgte auch Russland immer die besonderen Zwecke des Kaperkrieges in der Konstruktion seiner »Klipper«.

Es war so allmählig eine gewisse Stagnation in der Konstruktion grösserer Kreuzer eingetreten. England machte zuerst wieder einen grossen Schritt vorwärts, indem es bei der Inbaugabe zweier neuer Schiffe die Geschwindigkeit um etwa 2 Knoten, von $16^1/_2$ bis auf $18^1/_2$ Knoten steigerte. Bei diesen beiden Schiffen, den so berühmt gewordenen »Iris« und »Mercury«, kamen nun wieder die schon von den Amerikanern vertretenen Grundsätze zur Anwendung, jedoch nunmehr (1876) in mehr vollendeter Form, unter Benutzung aller Fortschritte der Technik. Es wurde der Hauptwerth auf grosse Geschwindigkeit unter Dampf allein, bei nur kleiner Takelage aber grossem Kohlenvorrath gelegt und ausserdem wurde als Consequenz der kleinen Takelage das Princip von zwei Schrauben zur Anwendung gebracht. Wenn es auch als ein Nachtheil dieser Schiffe für eine Verwendung als Kreuzer angesehen werden muss, dass ihr Boden nur aus gestrichenen Stahlplatten besteht, also leichtem Bewachsen ausgesetzt ist, so bedeutet doch die Reducirung der Takelage und die Anwendung zweier Schrauben einen ungemein grossen Fortschritt in der Konstruktion eines für den Krieg hauptsächlich bestimmten Kreuzers, und ein Brechen mit alteingewurzelten Vorurtheilen.

Da diese Fragen so tief einschneidend für die Konstruktion eines modernen Kreuzers sind, so seien sie etwas näher betrachtet. Den meisten Einfluss auf die ganze Konstruktion hat die Entscheidung, ob das Schiff grosse Takelage zum selbstständigen Kreuzen unter Segel ohne Zuhülfenahme der Maschine erhalten soll oder ob es genügt, dem Schiffe nur eine verhältnissmässig kleine Takelage zu geben, hinreichend, um es unter günstigen Umständen eben noch fortzubewegen.

Als der Hauptvortheil der grossen Takelage wird geltend gemacht, dass bei derselben der kostbare, weil im Kriege nur schwer zu ersetzende oder zu ergänzende Kohlenvorrath nur sparsam benutzt zu werden braucht und daher auf sehr lange Zeit ausreichen kann. Das Schiff soll mit seiner grossen Segelfläche allein lange Reisen zurücklegen können, um sein Operationsfeld zu wechseln, nachdem der Feind aufmerksam geworden ist und nach dieser Gegend der bisherigen Kreuzfahrten zum Schutze seiner Handelsschiffe und zur Bekämpfung des bewussten Kreuzers ebenfalls Schiffe abschickt

Eine solche Reise unter Segel allein und ohne Dampf würde jedoch im Kriegsfalle, den wir ja annehmen müssen, leicht dem Kreuzer sehr gefährlich werden, da das Schiff in diesem Zustande nicht geeignet für eine kriegerische Thätigkeit ist. Dass ein Schiff heutzutage sich nicht in ein Gefecht einlassen kann, so lange es nur durch Segel bewegt wird, dürfte wohl als unumstösslicher, nicht erst noch zu bewei-

sender Satz anzunehmen sein; sobald daher der segelnde Kreuzer ein Schiff auf See entdeckt, wird er entweder sofort die Flucht zu ergreifen haben oder er muss sogleich in seinen Kesseln Dampf aufmachen. Das Anfeuern der Kessel nimmt aber eine ziemliche Zeit in Anspruch und erst nach $1\frac{1}{2}$ Stunden würde die Maschine gangbar und das Schiff nunmehr gefechtsbereit sein.

War das entdeckte Schiff ein Handelsschiff, so ist dasselbe inzwischen längst aus Sicht, ist es dagegen ein feindliches Kriegsschiff, so wird dasselbe kaum dem Kreuzer Zeit lassen, sich gefechtsbereit zu machen. Von Mast zu Mast wird ein Schiff auf See auf etwa 17 bis 18 Seemeilen gesehen; der feindliche Dampfer kann daher schon in etwa $1\frac{1}{4}$ Stunde auf Schussweite dem mit 6 Knoten Geschwindigkeit unter Segel flüchtenden Kreuzer nahe gekommen sein und wird dann alle Chancen eines beginnenden Kampfes für sich haben, selbst wenn man die moralisch niederdrückende Wirkung, welcher die Mannschaft des flüchtenden Schiffes unterliegt, gar nicht einmal in Rücksicht zieht.

Bei etwas bedecktem, unsichtigem Wetter oder gar bei herrschendem Nebel stellt sich die Sache noch weit ungünstiger und sehr gefährlich für den nur unter Segel befindlichen Kreuzer, da das feindliche Kriegsschiff später entdeckt wird, viel rascher herankommen kann und unter Umständen den segelnden Kreuzer fast vertheidigungslos antrifft. An die Verfolgung eines begegnenden Schiffes, so wichtig dieselbe neben dem Kaperzwecke auch für die Geheimhaltung des vom Kreuzer beim Wechseln seines Operationsfeldes eingeschlagenen Weges sein mag, kann der nur unter Segel befindliche Kreuzer nicht denken, selbst dem Segel-Handelsschiffe gegenüber, da in der Zeit bis der Kreuzer Dampf gemacht hat, um seine vielleicht überlegene Geschwindigkeit unter Dampf gebrauchen zu können, im Allgemeinen das in der Ferne entdeckte Schiff schon aus Sicht sein wird. Geht der Kreuzer aber etwa in der irrthümlichen Meinung, ein Handelsschiff vor sich zu haben, dem entdeckten fremden Schiffe unter Segel näher und findet statt dessen ein feindliches Kriegsschiff, so wird der Kreuzer, ehe er Dampf aufmachen kann, dessen leichte Beute, mag das feindliche Schiff auch an Grösse und Artillerie sonst bei Weitem nicht dem Kreuzer, wenn dieser unter Dampf wäre, gewachsen sein. Während der Zeit seines Reisens unter Segel, welche bei der geringen Durchschnittsgeschwindigkeit (es sind auf nicht mehr als höchstens 6—7 Knoten zu rechnen) eine lange und bei der Kürze der jetzigen Kriege wohl eine zu lange sein wird, muss der Kreuzer daher ganz auf seine Kriegsthätigkeit und seinen eigentlichen Zweck verzichten. Soll dies nicht der Fall sein, so bleibt nichts Anderes übrig, als dass stets Dampf in einem oder in zwei

Kesseln gehalten wird, um mit Hülfe derselben auch in den anderen Kesseln rasch Dampf aufmachen zu können und um das Schiff wenigstens für alle Fälle unter Dampf regierbar zu machen. Die Schraube würde dann, um den erzeugten Dampf loszuwerden und auszunutzen, immer langsam mitgehen müssen; ein Brunnen wäre dann für die Verbesserung der Segeleigenschaften unnöthig, wenngleich er wünschenswerth bleibt, um nach Beschädigung der Flügel der Schraube dieselben auswechseln zu können. Muss die Maschine immer im Gange sein und ist somit ein gleichmässig andauernder Kohlenverbrauch da, so hat die grosse Takelage zum grössten Theile ihre Bestimmung verloren. Auch der grösste und geschonteste Kohlenvorrath wird bei diesem Verbrauche sein Ende erreichen und wird dann das mit grosser Takelage versehene Kriegsschiff im fernen, neutralen Hafen sicherlich weit grössere Schwierigkeiten finden, die für seine kriegerische Thätigkeit so absolut nothwendigen Kohlen zu erhalten, als das reine Dampfschiff, der Kreuzer mit Hülfstakelage, der nur auf seine Dampfkraft angewiesen ist und dem somit Kohlen, wenigstens bis zum nächsten Hafen, nicht verweigert werden können.

Wenn das Schiff grosse Takelage erhält, so ist damit, da dann möglichst gute Segeleigenschaften angestrebt werden, auch die Anordnung nur einer Schraube und eines Brunnens zum Heissen derselben geboten. Mit nur einer Schraube ist indessen immer die Gefahr verbunden, dass durch Maschinenhavarie, welche beim heutigen Stande des Schiffsmaschinenbaues ja durchaus noch nicht ausgeschlossen ist, das Schiff gefechtsunfähig wird. Es sind zwar in verschiedenen Marinen Schiffe vorhanden, welche bei grosser Takelage zwei Schrauben haben, jedoch werden durch dieselben, auch beim Auskuppeln, die Segeleigenschaften zu sehr beeinträchtigt.

Die grosse Takelage beansprucht ausserdem ein ganz bedeutendes Gewicht, bei grösseren Schiffen doch bis 180 Tonnen; bei einer Hülfstakelage des ebenso grossen Schiffes wäre nur etwa ein Drittel hiervon erforderlich. Die Differenz beider Gewichte könnte nun entweder zur Vermehrung des Kohlenvorrathes ausgenutzt werden, oder man könnte das Schiff mit Hülfstakelage entsprechend kleiner machen, was eine nicht unwesentliche Verringerung des Deplacements zulassen würde, da, um ein bestimmtes Gewicht in der Neukonstruktion eines Schiffes unterzubringen, das Deplacement um nahezu das Doppelte dieses Gewichts vergrössert werden muss; bei einer Ersparung von 120 Tonnen in der Takelage würde das Deplacement um nahezu 240 Tonnen kleiner werden können.

Die Form des ebenso zum Segeln wie zum Dampfen konstruirten Schiffes muss eine ganz andere sein, als wenn es hauptsächlich zum

Dampfen bestimmt ist, wie wir das weiter vorn bereits gesehen haben. Die Nachtheile der für beide Bewegungsarten angepassten Formen, welche auch ungünstig auf den Nutzeffekt der Schraube wirken, drücken sich dann dadurch aus, dass für die Erreichung der verlangten hohen Geschwindigkeit eine irrationelle Steigerung der Maschinen- und Kesselkraft nothwendig wird, die, wie nicht ausgeführt zu werden braucht, äusserst ungünstig für die ganze Konstruktion des Schiffes ist.

Im Gefecht bringt die grosse Takelage, welche ja nicht gänzlich herabgenommen werden kann, weil bei Anwendung von Geschützen mit grossen Bestreichungswinkeln nicht genügender Platz, weder an Deck noch an den Seiten, zum Verstauen der Rundhölzer vorhanden sein würde, durch die Möglichkeit des Herabstürzens im Gefecht Gefahren für die Oberdecksgeschütze und deren Bedienung, sowie für die Schraube, mit sich. Ausserdem bedingt die Anwendung der grossen Takelage eine nicht wünschenswerthe Vermehrung der Besatzung mit allen zugehörigen Vorräthen, was sich wiederum durch eine Vergrösserung des Schiffes ausdrückt.

Aus den vorstehenden Erwägungen ergiebt sich, dass für den modernen, hauptsächlich zu Kriegszwecken, weniger zu Friedensmissionen bestimmten Kreuzer von grosser Geschwindigkeit unter Dampf die Anwendung einer grossen Takelage nicht rathsam ist, da die Nachtheile bedeutend die Vortheile überwiegen.

Wir sahen oben bereits, dass mit einer grossen Takelage mit Vortheil nur eine Schraube zur Anwendung kommen kann. Andererseits ist aber wegen der Gefahren, die für das Schiff entstehen, wenn die einzige Welle oder die Maschine eine grössere Havarie erleidet, durch welche das Schiff hülflos werden würde, die Anwendung nur einer Schraube für ein Schiff, das nur unter Dampf kämpfen kann, nicht zulässig. Das Schiff mit grosser Takelage würde, nachdem die Schraube nicht mehr betrieben werden kann, sich ja noch gut fortbewegen, wenn auch nicht kämpfen, können; dagegen würde der Kreuzer, welcher nach den vorstehenden Erwägungen nur eine kleine Takelage erhalten hat, nach dem Unbrauchbarwerden seiner einzigen Schraube fast hülflos in See treiben. Die strenge Consequenz der Reducirung der Takelage ist daher die Anwendung zweier Schrauben.

Wie bei den Panzerschiffen, in England wenigstens, zuerst möglichst getreu die bisherigen Schrauben- und selbst Segelfregatten nachgeahmt (vergl. »Warrior«), und diesen Schiffen möglichst grosse Takelage gegeben wurde, so wurden bei der nach und nach eintretenden grösseren Klärung der Zwecke, welche eigentlich mit dem Panzerschiffe verfolgt werden sollten, die Takelagen kleiner und verschwanden bei den nur zu Gefechtszwecken gebauten Schiffen, wie die englische »Devastation«,

ganz. Mit diesem Verschwinden wurde die eine Schraube nicht mehr für genügend gehalten und zwei Schrauben kamen zur Anwendung. In ganz analoger Weise ist die Entwickelung für den Kreuzer vor sich gegangen; aus dem vollgetakelten Einschraubenschiffe mit Brunnen entwickelt sich das nur mit Hülfstakelage versehene Zweischraubenschiff. Wenn auch in neuester Zeit noch einzelne Kreuzer, die für sehr hohe Geschwindigkeit gebaut wurden, neben ihren zwei Schrauben auch noch grosse Takelagen erhalten, so geschieht dies nur zur Herbeiführung von Ersparnissen in Friedenszeiten; in Kriegszeiten ist ja die Takelage, wie wir sehen, von fast gar keinem Nutzen, während ihre Nachtheile grosse sind.

Gegen die Anwendung von zwei Schrauben werden hauptsächlich die zwei Einwürfe gemacht:

1. dass das Zweischraubenschiff beim Unbrauchbarwerden einer Schraube nahezu ebenso hülflos sei, als das Einschraubenschiff nach Unbrauchbarwerden seiner einen Schraube, weil das Zweischraubenschiff dann nur noch geringe Geschwindigkeit besitze und nur noch sehr wenig steuerfähig sei. Seine Gefechtseigenschaften seien daher zu sehr verringert;
2. dass die Wellen und Schrauben des Zweischraubenschiffes zu sehr Beschädigungen durch Anstossen in Folge ihres Vorstehens über die Seiten des Schiffes ausgesetzt seien.

Für die nähere Betrachtung dieser beiden Punkte muss zunächst der Satz, der wohl unbestreitbar sein dürfte, ausgesprochen werden, dass nämlich das Einschraubenschiff beim Bruche seiner Welle, da ja nur eine kleinere oder Hülfstakelage beim modernen Kreuzer vorhanden sein wird, gänzlich hülflos ist und der Gnade des, wenn auch sonst viel schwächeren Feindes, der es in diesem Zustande antrifft, vollkommen preisgegeben. Aus diesem Grunde ist vom Standpunkte des Kriegsschiff-Konstrukteurs aus beim Kreuzer ohne Takelage nur eine Schraube nicht anwendbar. Dass der Bruch der Welle recht wohl im Bereiche der Möglichkeit, ja einer gewissen Wahrscheinlichkeit liegt, dürfte aus einigen Beispielen hervorgehen, welche den letzten Jahren entnommen sind und meistens grosse Passagierdampfer von den Touren des Nord-Atlantic betreffen, bei denen ausschliesslich Welle oder Schraube gebrochen ist.

Dampfer »France« der National Line: December 1883 Schraubenwelle gebrochen, wurde von einem Dampfer getroffen und in den Hafen geschleppt;

» »Celtic« der White Star Line: December 1883 desgleichen;

» »Lessing« der Hamb. Amerik. P. F. A. G.: December 1883 Kurbelwelle gebrochen, konnte in See Nothreparatur ausführen und langsam in den Hafen dampfen;

Dampfer »Main« des Norddeutschen Lloyd: Juli 1883, verlor die Schraube in See, wurde in den Hafen geschleppt;

» »Camellia«, englischer Handelsdampfer: Juli 1883 mit gebrochener Kurbelwelle in See treibend angetroffen.

» »Britannic« der White Star Line: Juni 1883, Welle zeigte in See Risse, Schiff kehrte mit kleiner Geschwindigkeit in den Hafen zurück;

» »City of Berlin« der Inman Line: Mai 1883 desgleichen;

» »City of Chester« der Inman Line: April 1883, Welle gebrochen, das Schiff wurde in See treibend angetroffen und in den Hafen geschleppt;

» »Guyandotte« der Old Dominion Line: December 1882, sämmtliche Schraubenflügel abgebrochen, angetroffen und durch Schleppen geborgen;

» »Devonia« der Anchor Line: November 1882, Welle gebrochen, in See treibend angetroffen;

» »Algitha«, englischer Handelsdampfer: September 1882, mit gebrochener Kurbelwelle in See treibend angetroffen;

» »Catalonia« der Cunard Line: Mai 1882, mit gebrochener Schraubenwelle in See treibend angetroffen;

» »Herrmann« des Norddeutschen Lloyd: März 1882, Schraubenwelle gebrochen;

» »City of Berlin« der Inman Line: März 1882, Kurbelwelle gebrochen, in See angetroffen;

» »Koning der Nederlanden«, holländischer Postdampfer: October 1881, brach Schraubenwelle, ging in Folge davon unter;

» »Amérique«, französischer Postdampfer: September 1881, brach Schraubenwelle;

» »Daniel Steinmann«, englischer Handelsdampfer: August 1881, brach Schraubenwelle, nach achttägigem Schleppen geborgen;

» »Catalonia« der Cunard Line: August 1881, brach Schraubenwelle, versuchte bei dem herrschenden schönen Wetter durch Segeln den Hafen zu erreichen, wurde jedoch in den Hafen geschleppt;

» »Vandalia« der Hamb. Amerik. P. F. A. G.: brach Schraubenwelle, trieb 18 Tage hülflos in See, durch ausgesandte Schlepper gefunden und geborgen.

Diese kleine Liste macht durchaus nicht den Anspruch darauf, auch nur annähernd vollständig zu sein. Ausserdem sind auch die Fälle in dieselbe nicht aufgenommen, bei welchen durch Havarien in der Maschine die Schraube nicht mehr betriebsfähig war, weil bei den neuzubauenden

Kriegsschiffen einem solchen Falle durch Theilung der Maschine vorgebeugt werden kann. Die Idee der Trennung der Maschine für Einschraubenschiffe in zwei hinter einander an derselben Welle arbeitende Maschinen wurde im Konstruktionsbureau der deutschen Admiralität gefasst und für die im Bau begriffenen Corvetten Ersatz-»Victoria«, Ersatz-»Nymphe« und »G« durchkonstruirt und angewendet. Es sind Maschinen dieser Art, soweit dem Verfasser bekannt, bisher sonst noch nirgends und nur später in allerneuester Zeit noch in Frankreich bei dem im Bau begriffenen Zweischrauben-Aviso »Milan« zur Anwendung gekommen.

Durch diese neue Anordnung ist der gänzliche Verlust der Maschinenkraft höchst unwahrscheinlich geworden, jedoch nur unter der Voraussetzung, dass die einzige vorhandene Welle und Schraube halten; bricht die Welle oder die Schraube, so ist selbstverständlich die ganze Maschinentheilung unnütz. Für die oben genannten Schiffe der Kaiserlichen Marine genügt diese Anordnung jedoch im Allgemeinen, weil dieselben, dem älteren Typus angehörend, mit Brunnen, heissbarer Schraube und voller Takelage versehen sind und daher volle Segelfähigkeit besitzen, mit welcher sie sich, im Frieden wenigstens, in den nächsten Hafen begeben können.

Es wird gegen die Anwendung von zwei Schrauben angeführt, dass das Zweischraubenschiff nach dem Unbrauchbarwerden einer Schraube nur noch so geringe Geschwindigkeit besitze und so wenig steuerfähig sei, dass es als kriegsbrauchbar nicht mehr betrachtet werden könne. Dieser Einwurf kann leicht durch die Anführung einiger Daten widerlegt werden, aus denen sich ergiebt, dass er nicht auf genügender Kenntniss der thatsächlichen Verhältnisse beruht.

Im Allgemeinen behalten die Zweischraubenschiffe bei Benutzung nur einer ihrer Maschinen und Schrauben etwa drei Viertel ihrer Maximalgeschwindigkeit; nur wenn letztere sehr hoch ist (wie z. B. bei S. M. Aviso »Blitz« mit etwas über 16 Knoten), beträgt die Geschwindigkeit bei nur einer Maschine und einer Schraube weniger. So erreicht S. M. Aviso »Blitz« bei 2700 ind. Pferdekräften rund 16 Knoten, bei einer Schraube und etwa 1100 ind. Pferdekräften jedoch nur 11 Knoten, also nur $^{11}/_{16}$ statt $^{12}/_{16}$ der Maximalgeschwindigkeit. Bei Anwendung beider Maschinen und beider Schrauben braucht »Blitz« für diese Geschwindigkeit nur 750 ind. Pferdekräfte, arbeitet also, wie wohl selbstverständlich, wesentlich günstiger, was zum sehr grossen Theile davon herkommt, dass das Ruder etwa 11° zur Seite liegen muss, um bei der einseitig wirkenden einen Schraube geraden Curs zu halten. Das Fahrzeug besitzt aber immer noch eine sehr gute Geschwindigkeit und voll-

kommene Steuerfähigkeit im Falle der Havarie einer Schraube oder Welle, und ist daher noch ganz gefechtsfähig.

So hat auch S. M. Aviso »Zieten« mit nur einer Schraube längere Strecken auf der Reise mit reducirter Geschwindigkeit zurückgelegt, wobei das Ruder 5° bis 10° an Bord gehalten werden musste. Auch bei schneller Fahrt mit nur einer Schraube im Betriebe steuerte das Fahrzeug tadellos.

Auch die Panzerschiffe mit zwei Schrauben in der deutschen Marine haben sich bei nur einer Schraube noch genügend steuerfähig gezeigt. In der englischen Marine ist eine ganze Reihe von Probefahrten bei nur einer Schraube mit Zweischraubenschiffen gemacht worden, welche das vorher Angeführte nur bestätigen:

Name	Bei einer Schraube		Bei zwei Schrauben reducirte Leistung		Bei zwei Schrauben Volldampf	
	Geschwindigkeit	Pferdekraft	Geschwindigkeit	Pferdekraft	Geschwindigkeit	Pferdekraft
Audacious. . .	10,81	2946	10,8	2105	13,4	4835
Invincible. . . .	10,8	2772	10,93	2400	14,1	4832
Iron Duke . . .	10,19	2760	11,387	2362	13,64	4268
Vanguard . . .	11,356	2900	11,77	2603	14,94	5366
Nelson	10,60	3013	10,537	2341	14,05	6645
Gorgon	7,59	829	9,00	806	11,16	1709

Auch aus dieser kleinen Tabelle geht hervor, dass mit nur einer Maschine und einer Schraube ungefähr drei Viertel der Volldampfgeschwindigkeit erreicht wird, während die mit nur einer Schraube gemachte Geschwindigkeit bei Benutzung beider Schrauben bedeutend geringere Pferdekraft erfordert. Auf die Gründe hierfür ausführlicher einzugehen würde hier zu weit führen.

Als Beispiel dafür, dass ein Zweischraubenschiff sogar ganz des Ruders entbehren und nur mit den beiden Schrauben gesteuert werden kann, führt Mr. A. C. Kirk in einer Versammlung der Institution of Naval Architects ein in Glasgow gebautes Panzerschiff an, welches ohne weiteren Anstand den Clyde herabgebracht und vollkommen ausreichend mit den zwei Schrauben gesteuert wurde, nachdem durch Havarie des Rudergeschirrs das gewöhnliche Steuern unmöglich geworden war.

Auch aus der Handelsmarine ist für den grossen Vortheil, welchen zwei Schrauben bieten, ein sehr schlagender Fall anzuführen, der des Zweischraubendampfers »Hibernia«, welcher auf der Reise von San Francisco nach London, nach dem Unbrauchbarwerden der Steuerbord-Maschine von Cap Horn bis zum Äquator mit der Backbord-Maschine allein mit neun Knoten ($^3/_4$ der Volldampfgeschwindigkeit) weiterging;

von hier ab wurde die Reise, nachdem die Steuerbord-Maschine inzwischen wieder betriebsfähig geworden war, mit beiden Schrauben und mit 12 Knoten Geschwindigkeit fortgesetzt, bis am Eingange zum Canal die Backbord-Maschine unbrauchbar wurde und das Schiff dann mit der Steuerbord-Maschine allein London erreichte. Das Schiff hatte mit nur einer Schraube genügende Geschwindigkeit und Steuerfähigkeit behalten. Bei dem Vorhandensein nur einer Schraube und dem Unbrauchbarwerden der Maschine hätte die Reise nicht fortgesetzt werden können und wäre das Schiff, bis zur Wiederherstellung der Maschine hülflos treibend, möglicherweise verloren gewesen, wie denn wohl zweifellos eine grosse Zahl der jährlich als verschollen bezeichneten Schiffe in Folge des Unbrauchbarwerdens ihrer einen Schraube und einen Maschine untergehen.

Der erste und grösste Einwurf gegen das Zweischraubensystem dürfte hiermit als genügend widerlegt angesehen werden können, und die Vortheile der Zweischrauben sich wohl klar gezeigt haben.

Was den zweiten oben angeführten Haupteinwurf, die leichte Verletzlichkeit von Schrauben und Wellen beim Zweischraubenschiffe betrifft, so ist aus der Praxis heraus anzuführen, dass die durch ihre seitlich mehr vorstehende Lage exponirteren Schrauben und Wellen beim Passiren von Schleusen und beim Anlegen an Bollwerke und Quaimauern wohl zu grösserer Vorsicht in der Behandlung des Schiffes zwingen, dass aber die angebliche leichtere Verletzlichkeit nahezu verschwindet, wenn man den Umstand mit in Rücksicht zieht, dass das Zweischraubenschiff gerade für solche engen Passagen eine unvergleichlich grössere Beweglichkeit besitzt, die es bei solchen Manövern fast ganz unabhängig von der Hülfe von Land aus durch Trossen und Taue macht. Wie seinerzeit gegen die eisernen Schiffe eingewendet wurde, sie seien zu leicht verletzlich bei localen Stössen und verlangten im Vergleich zu hölzernen Schiffen eine zu vorsichtige Behandlung, und wie doch das eiserne Schiff heutzutage fast ausschliesslich nur noch gebaut wird, so werden mit der Zeit die Vortheile des Zweischraubensystems in immer weiteren Kreisen als die wenigen Nachtheile überwiegend anerkannt werden, und wird das System bei allen grösseren transatlantischen Schiffen ausgebreitete Anwendung finden.

Die Gefahr eines Flügelbruchs durch treibende Gegenstände oder eines Unklarwerdens durch Trossen etc., scheint sogar für das Zweischraubenschiff geringer zu sein, als für das Einschraubenschiff, da die oben auseinanderschlagenden Schrauben solche Gegenstände eher von sich abstossen, als zwischen sich und das Schiff ziehen. Es kann daher aus dem zweiten Einwurfe ein besonderer Nachtheil, der überhaupt gegen

die principiellen Vortheile der Anwendung zweier Schrauben in's Gewicht fiele, nicht ersehen werden.

Gegen die Anwendung von zwei Schrauben wird zuweilen noch der Einwurf gemacht, dass das Maschinengewicht bei gleicher Maschinenleistung grösser sei, als bei einer Schraube. Es war das bei den bisherigen Konstruktionen, wenn auch nur in ganz geringem Maasse, zutreffend, es verschwindet der Nachtheil aber ganz, wenn auch für die eine Schraube die Theilung der Maschine in zwei von einander unabhängige Hälften vorgenommen wird. Es darf nicht übersehen werden, dass es sich bei dem etwaigen Mehrgewichte nur um die Maschine mit Welle und Schraube, nicht aber auch um die in beiden Fällen gleich grossen Kessel handelt.

Was endlich noch den Kohlenverbrauch bei der reducirten Maschinenleistung betrifft (bei Volldampf ist er für beide Systeme als gleich anzusehen), so stellt sich derselbe beim Einschraubenschiffe und Benutzung nur einer Maschinenhälfte etwa gleich dem des Zweischraubenschiffes bei Benutzung nur einer Maschine, besonders wenn bei letzterem hierfür noch besondere, hier nicht weiter zu erörternde Einrichtungen getroffen werden.

Es wäre nach den vorstehenden Erörterungen der Schritt vorwärts in der Konstruktion der Kreuzer, welcher in der Reducirung der Takelage auf eine blosse Hülfstakelage und in der Anwendung des Zweischraubensystems liegt, ein vollkommen begründeter. Es folgt aber weiter hieraus die Nothwendigkeit, den Kreuzer mit so grossen Kohlenvorräthen auszurüsten, dass er mit denselben lange Reisen zurücklegen oder lange Zeit in See unter Dampf kreuzen kann. Erst durch die in neuerer Zeit immer mehr und mehr erzielten Verbesserungen im Schiffsmaschinenbau und die dadurch herbeigeführten Ersparungen im Kohlenverbrauche wurde es möglich, die Kreuzer auch in dieser Hinsicht den nothwendigen Anforderungen entsprechend herzustellen. So können z. B. »Iris« und »Mercury« mit ihrem Kohlenvorrathe bei 10 Knoten Geschwindigkeit etwa 7000 Seemeilen zurücklegen, also bei der noch mehr reducirten Geschwindigkeit während des Kreuzens genügend lange Zeit in See bleiben. Hierzu kommt, dass die Versorgung der Kreuzer im Kriegsfalle mit Kohlen wohl nicht die Schwierigkeiten finden wird, welche man im Allgemeinen voraussetzt; wenigstens hat S. M. Corvette »Augusta« keine besondere Schwierigkeit gefunden, während ihrer Kreuztour 1870/71 in See Kohlen zu erhalten, wie auch der Kreuzer der Secessionisten, die »Alabama«, oftmals durch besondere Tenderschiffe Kohlen zugeführt erhielt und in See übernahm. Volle Sicherheit in diesem für die Konstruktion von Kreuzern so wichtigen Punkte kann nur ein Seekrieg bringen.

Die englischen Corvetten »Iris« und »Mercury« erfüllen hiernach die an einen Kreuzer zu stellenden Anforderungen in Bezug auf Geschwindigkeit, Anwendung des Zweischraubensystems mit kleiner Takelage und grossem Kohlenvorrath, dagegen besitzen sie den grossen Fehler, dass ihr Boden nur aus gestrichenen Stahlplatten besteht. Der Kreuzer soll möglichst unabhängig sein, es zwingt ihn aber der Ansatz, welcher nur zu rasch, besonders in tropischen Gegenden sich an dem eisernen oder stählernen Boden bildet, dazu, ein Dock aufzusuchen, um die durch den Ansatz verlorene Geschwindigkeit durch die Reinigung des Bodens wiederzugewinnen. Abgesehen davon, dass in den entlegeneren aussereuropäischen Gegenden Docks überhaupt nur in geringerer Zahl vorhanden sind und dass der Zugang zu ihnen im Kriegsfalle gewiss verlegt sein wird, könnte doch ein Kreuzer kaum immer die Zeit opfern, welche die Reise nach und von dem Dock in Anspruch nimmt. Es liegt daher auf der Hand, dass der Boden des eigentlichen Kreuzers so hergestellt sein muss, dass an ihm ein Ansatz sich nicht bilden kann. In dieser Beziehung ist besonders viel in Anstrichen der eisernen Böden versucht worden, bis jetzt ohne den geringsten Erfolg. Es wurde dann versucht, den eisernen Boden mit einem Zinkbeschlage auf einer Holzlage zu verkleiden, jedoch zeigte sich diese Konstruktion als verfehlt, da die Anwüchse sich hier fast ebenso rasch und stark, als auf dem gestrichenen eisernen Boden zeigen. Nur die Reed'sche Construction, wie sie zuerst bei »Inconstant« und »Volage« angewandt wurde (doppelte Holzlage und Kupferbeschlag), entspricht den Anforderungen, welche an den Boden des Kreuzers gestellt werden müssen, und ist daher für alle eigentlichen Kreuzer auch zur Anwendung zu bringen. Diese doppelte Holzbeplankung des Schiffsbodens, welche entsprechend hoch zu führen für den auch in tropischen Gewässern zu verwendenden Kreuzer zur Abhaltung der Hitze aus den Wohnräumen besonders vortheilhaft ist, erfordert jedoch ein bedeutendes Gewicht, und mag dies der Grund sein, dass auch bei den neuesten englischen Kreuzern der »Phaëton«-Classe nur der unvortheilhafte, nicht kupferbeschlagene, stählerne Boden zur Anwendung gekommen ist. Bei diesen englischen Kreuzern spricht allerdings der Umstand mit, dass England fast überall in seinen zahlreichen Colonien Docks besitzt, doch kann das Weglassen der Kupferhaut nicht für konstruktionsrichtig bezeichnet werden.

In der Konstruktion dieser Kreuzer der »Phaëton«-Classe ist eine Neuerung angebracht, durch welche den eigentlich vitalen Theilen des Schiffes, nämlich Kesseln, Maschinen und Munitionsräumen, Schutz gegen feindliche Geschosse gewährt werden soll; es wird dies erzielt durch ein sich über jene Theile erstreckendes Deck aus Stahlblech, das an den

Seiten so tief herabgebogen ist, dass feindliche Geschosse die Schiffsseite nicht unterhalb treffen können. Diese Konstruktion war in ähnlicher Weise schon bei allen Corvetten der englischen C-Classe (so genannt, weil alle Namen der Schiffe dieser Classe ohne sonstigen inneren Zusammenhang mit dem Buchstaben C anfangen, wie »Comus«, »Canada«, »Cleopatra«), verwendet, jedenfalls in Folge der Vorschläge des französischen Marine-Ingenieurs Bertin. Das sogenannte Panzerdeck aller dieser Schiffe hat nur die geringe Dicke von 40^{mm}, während rings um die nicht dicht zu verschliessenden Luken, wie die Schornstein- und Maschinenluken und die zum Auflangen der Munition bestimmten, sogenannte Kofferdämme herumgebaut sind, um zu verhindern, dass durch die zerschossene Schiffsseite das Wasser über das Panzerdeck hinweglaufen und sich ungehindert in die genannten Räume ergiessen kann. Die Kofferdämme bestehen aus je zwei Wänden aus Blech, welche 300 bis 500^{mm} von einander entfernt sind, bis über Wasser emporragen und die Luken rings umgeben. In den oben offenen beziehungsweise zu öffnenden Raum zwischen den beiden Blechwänden, soll, nachdem ein Geschoss durch die Wände hindurchgegangen ist, Segeltuch oder Hängematten, Decken etc. hineingestopft werden, um dadurch dem Wasser das Durchlaufen unmöglich zu machen. Die in Wilhelmshaven ausgeführten bezüglichen Schiessversuche ergaben die Möglichkeit des Stopfens des Lecks, jedoch tritt, wenn die Wände zu nahe an einander gerückt sind, der Fall ein, dass die durch das Geschoss losgerissenen Blechlappen so weit vorstehen, um ein Stopfen ganz zu verhindern. Jedenfalls muss die Anwendung der Kofferdämme als ein ziemlich unvollkommenes Hülfsmittel bezeichnet werden, das nur seiner grossen Leichtigkeit wegen allgemeinere Anwendung erhalten hat.

Wohl in Folge des ruhm- und erfolglosen Gefechtes, welches die schönste und grösste englische ungepanzerte Fregatte »Shah«, unterstützt von der grossen Glattdeckscorvette »Encounter« gegen das ganz veraltete, schwache und schadhafte kleine peruanische Panzerschiff »Huascar« begann und bei welchem sich ergab, dass dieses Panzerfahrzeug den scheinbar viel mächtigeren modernen Schiffen viel furchtbarer war, als umgekehrt, suchte man einen Schutz wenigstens der vitalen Theile der ungepanzerten Schiffe herzustellen. Die Anwendung des Seitenpanzers, wie dies bei den russischen Panzerkreuzern »General Admiral« und »Herzog von Edinburgh« zuerst geschah, zwang dazu, die Grösse der Schiffe zu sehr anwachsen zu lassen und beschränkte die eigentlichen Kreuzereigenschaften in so hohem Maasse, dass man nach anderen Mitteln suchte und in dem Panzerdecke fand. Während das Panzerdeck selbst die Geschosse den Kessel- und Maschinen-

räumen, sowie den Munitionsräumen fern halten soll, werden in Verbindung mit demselben in derselben Länge Korkgürtel herumgeführt, so dass auch nach Durchschiessung der Seitenwände des Schiffes doch die Stabilität des Schiffes entsprechend erhalten bleibt.[1]

Fast alle nach den modernen Ansprüchen entworfenen und im Bau befindlichen Kreuzer haben diesen Deckpanzerschutz; bei den neuesten Schiffen erstreckt er sich nicht bloss mehr über einen Theil der Schiffslänge, sondern reicht, weil man die Nothwendigkeit erkannte, auch die vorderen und hinteren Enden zu schützen, von vorn bis hinten durch. Hierdurch ist die Möglichkeit gegeben, das Rudergeschirr, das bisher bei allen Kreuzern ganz dem feindlichen Feuer exponirt war, nunmehr unter Schutz zu bringen.

Mit solchem Panzerdeck in der ganzen Schiffslänge sind z. B. die neuesten von der Firma Armstrong, Mitchell & Co. für die chilenische und die italienische Regierung erbauten Kreuzer »Esmeralda« und »Giovanni Bausan« versehen.

Das Panzerdeck muss als für einen modernen, hauptsächlich zum Dienste im Kriege, weniger zu Friedensmissionen bestimmten Kreuzer unumgänglich nothwendig erklärt werden, da nur durch ein solches, ohne zu grosse Schädigung der Eigenschaften als Kreuzer doch genügender Schutz der vitalen Theile im Gefecht herbeigeführt wird; wenigstens haben die in Kopenhagen ausgeführten Schiessversuche günstige Resultate ergeben. Eine ausführlichere Besprechung der Deckpanzerfrage ist an dieser Stelle nicht angängig.

Aus den vorstehenden Erwägungen lassen sich nun als Bedingungen, welche ein moderner Kreuzer erfüllen muss, die folgenden ableiten:

Der moderne Kreuzer soll zwei Schrauben besitzen und nur eine Hülfstakelage führen.

Er soll aus Eisen oder Stahl gebaut sein, muss aber einen Kupferboden haben.

Er soll ein Panzerdeck in der ganzen Länge des Schiffes besitzen, bei genügendem Schutze der Luken und Vorkehrungen zum Erhalten der Stabilität auch nach durchschossenen Seitenwänden.

Die Fragen über die Grösse und Zusammensetzung der Artillerie, welche am besten dem Kreuzer gegeben wird und ob derselbe einen Rammsteven erhalten soll, wie gross seine Geschwindigkeit und sein Kohlenvorrath sein soll u. s. w. seien hier nicht weiter erörtert.

[1] Nach ganz ähnlichen Principien wurden im Konstruktionsburau der Admiralität die Pläne für die Panzerkanonenbote »Brummer« und »Bremse« entworfen. Es ist hier nur der Deckpanzer wesentlich dicker und sind sämmtliche Luken im Panzerdeck durch Sülle aus Compound-Panzer geschützt.

Dagegen seien hier noch einige Bemerkungen angefügt über die in neuerer Zeit so vielfach besprochene Frage der Verwendung von Handelsdampfern als Kreuzerschiffe.

Die Besorgniss, dass die Kriegsflotte nicht zahlreich genug sei und daher nicht im Stande sein werde, die Handelsflotte gegen die Angriffe der feindlichen Kreuzer wirksam zu vertheidigen, führte in England zuerst zu dem naheliegenden, historisch begründeten und zunächst auch sehr plausibel scheinenden Vorschlage, die besten und raschesten Handelsdampfer im Kriegsfalle zu Kreuzern zu machen, welche hauptsächlich oder ausschliesslich zur Zerstörung der feindlichen (commerce destroyers) und zum Schutze der eigenen Handelsflotte dienen sollten. Dieser Vorschlag, der in früheren Jahren bereits einmal zurückgewiesen worden war, wurde im Princip von der englischen Admiralität angenommen und sind in soweit vorbereitende Schritte zu dessen Ausführung gethan, als durch einen besonders hierfür bestimmten Beamten der Admiralität die im Bau begriffenen beziehungsweise die schon vorhandenen grösseren, vor Allem aber rascheren Dampfer der englischen Handelsflotte auf ihre mögliche Verwendbarkeit als Kreuzer im Kriegsfalle untersucht und dieselben nach dem Ausfalle dieser Untersuchung classificirt werden. Ohne dass die betreffenden Besitzer dadurch, dass ihre Schiffe auf diese »Admiralty list« gesetzt werden, einen directen Vortheil haben, vielleicht nur den indirecten, dass sie bei der Postbeförderung bevorzugt werden, sucht doch der englische Rheder sowohl, wie der Schiffbauer ein Ehre darin, ein Schiff zu besitzen oder herzustellen, das die allerdings ja nicht besonders hohen Ansprüche der Admiralität befriedigt und daher eine möglichst hohe Stelle in der Liste erhält. Durch dieses Bestreben ist unleugbar ein guter Einfluss auf die Construction und Herstellung der transatlantischen englischen Passagierdampfer ausgeübt worden.

Die englische Admiralität verlangt von den Schiffen, welche sie auf die Liste zur eventuellen Verwendung als Kreuzer setzt, dass dieselben wenigstens 14 Knoten Geschwindigkeit haben, dass sie durch wasserdichte Querschotte in so viele Abtheilungen getheilt sind, dass das Volllaufen einer derselben das Schiff noch nicht zum Sinken bringt, dass das Schiff eine entsprechende Stabilität besitzt (ohne dass jedoch ein bestimmtes Maass vorgeschrieben ist), und dass die Einrichtungen gestatten und womöglich schon darauf vorbereiten, entsprechend (wenigstens $2{,}4^{m}$) dicke Kohlenbunker, zum Schutze der bei allen Handelsschiffen weit über Wasser emporragenden und daher Verletzungen durch feindliche Geschosse zu sehr exponirten Maschinen und Kessel anbringen zu können.

Vorgesehen ist ferner, dass die Schiffe, welche diese Bedingungen erfüllen, im Kriegsfalle mit je vier gezogenen 64pfündigen Vorderladern

(15^{cm} Geschützen) und je einem gezogenen 40pfündigen Hinterlader (12^{cm} Geschütz) armirt werden. An Munition gehören hierzu einige Kasten mit Granaten und zur Unterbringung und Verstauung des Pulvers ein grosser eiserner Kasten, der als Pulverkammer dient und fertig in den Raum des Schiffes gestellt wird. Als sogenannte Gefechtsmannschaft sollen 60 Mann an Bord eines jeden derartig in einen sogenannten Kreuzer umgewandelten Handelsdampfers kommen, während die Heizer und Maschinisten mit dem Schiffe selbst übernommen werden. Diese Mannschaft hat bei den grösseren Schiffen ebenfalls eine Zahl von 60 bis 70. Die in Frankreich erlassenen diesbezüglichen Vorschriften sind ganz ähnlich.

Prüft man die ganze Maassregel vorurtheilslos auf ihren praktischen Werth, so kommt man dazu, die Möglichkeit bezweifeln zu müssen, aus einem der grossen transatlantischen Dampfer überhaupt ein brauchbares Kriegsfahrzeug herstellen zu können.

Die in Kreuzer umgewandelten Handelsdampfer sollen in erster Linie dazu dienen, die feindlichen gleichen Schiffe, welche sich während des Krieges bemühen, die transatlantischen Handelsverbindungen noch aufrecht zu erhalten, aufzusuchen, zu verfolgen und wegzunehmen. Der Handelsschiff-Kreuzer würde also ganz mit Seinesgleichen zu thun haben und dürfte es, da die Armirung eine im Verhältniss zur Schiffsgrösse nur sehr leichte sein kann, mit keinen Schwierigkeiten verbunden sein, das noch als Postdampfer und Handelsdampfer fungirende Schiff ebenso stark zu bewaffnen, wie den Handelsschiff-Kreuzer.

Letzteres Schiff würde also, im Falle es ihm gelingt, in der Verfolgung glücklich zu sein und das Handelsschiff zu erreichen, einen ganz ebenbürtigen Gegner vor sich finden. Bei Gleichheit der Chancen wird der Ausfall des zu beginnenden Gefechts aber sehr zweifelhaft sein. Der Hauptzweck der Handelsschiff-Kreuzer scheint demnach, sobald zu dem Mittel gegriffen wird, auch die noch in ihrer Tour belassenen transatlantischen Dampfer zu armiren, verfehlt. Eine ausgiebige und bei Weitem stärkere Armirung, als in England für die Handelsschiff-Kreuzer vorgesehen ist, lässt sich schon für 150 Tonnen herstellen; jeder dieser Dampfer von 2000 und mehr Tonnen Ladefähigkeit wird leicht dieses Gewicht hergeben können und dann eine entsprechende, vollkommen zur Abwehr aller Angriffe von Handelsschiff-Kreuzern ausreichende Bewaffnung besitzen.

Wird Letzterer sonach gegen Seinesgleichen unwirksam sein, so hat er vielleicht einige Aussicht, kleinere Handelsdampfer, welche jedoch im Kriege nie besonders werthvolle Ladungen fahren werden, mit Erfolg aufzusuchen und wegzunehmen; es würde indessen voraussichtlich wie-

der zu dem früher gebräuchlichen Mittel des Convoyirens einer Zahl von Handelsschiffen durch ein Kriegsschiff oder deren mehrere gegriffen werden, ganz ähnlich wie dies in den Seekriegen im Beginne dieses Jahrhunderts geschah. Zur Bedeckung der Handelsschiffe gegen die Handelsschiff-Kreuzer genügen schwächere Kriegsschiffe, da selbst solche jenen mehr als gewachsen sind. Die Gründe hierfür sind im Folgenden auseinander zu setzen gesucht:

Die Postdampfer beziehungsweise transatlantischen Passagierdampfer überhaupt besitzen durchgehends eine sowohl verhältnissmässig, wie absolut ausserordentlich grosse Länge; die Schiffe, auf welche die Engländer am meisten stolz sind, die vordersten in der Admiralty list, leiden am meisten an diesem grossen Fehler für Kriegsschiffe, da bei ihnen Längen bis über 165^{m} bei einem Verhältniss von Länge zur Breite von über 10 nichts Seltenes mehr sind. Es folgt hieraus, verschlimmert noch durch die allgemein angewendeten sehr kleinen Ruder, eine ausserordentlich schlechte Manövrir- und Drehfähigkeit (für Handelsschiffe ist eben eine bessere nicht erforderlich), so dass diese Schiffe nur Kreise von sehr grossem Durchmesser zu beschreiben vermögen. Schon aus diesem Grunde allein muss das transatlantische Passagierschiff als ganz ungeeignet für die Durchführung eines Gefechts bezeichnet werden, da jedes Kriegsschiff, das als solches ganz selbstverständlich besonders drehfähig sein muss, den Handelsschiff-Kreuzer, der nicht im Stande ist, den Angriffen des beweglichen Gegners entsprechend rasch zu folgen, nach Belieben rammen, mit den Geschützen enfiliren oder mit Torpedos vernichten kann.

Es werden ferner die Handelsschiff-Kreuzer auch in artilleristischer Beziehung den meisten, auch kleineren Kriegsschiffen an Stärke nachstehen; wenn aber auch die Artilleriestärke des aptirten Handelsschiffes gleich der des eigentlichen Kriegsschiffes sein sollte, so wäre ersteres doch stets im grossen Nachtheile gegen letzteres, weil seine Zielfläche um mehrere Male grösser ist, als die, welche das Kriegsschiff bietet. Zum Vergleiche mögen die beifolgenden Skizzen dienen, welche einen grossen englischen Dampfer, etwa wie »Austral« neben S. M. Corvette »Leipzig« und einen etwas kleineren Dampfer, etwa wie die Hamburger »Frisia« neben S. M. Glattdeckscorvette »Carola« darstellen.

Aus diesen Skizzen ist ersichtlich, dass die Zielfläche, welche der Handelsdampfer bietet, zwei- und dreimal so gross ist, als die, welche das Kriegsschiff hat. Setzt man nun auf den beiden gegen einander kämpfenden Schiffen, Handelsschiff-Kreuzer gegen Kriegsschiff, eine gleiche Zahl gleichartiger Geschütze voraus, sowie eine gleich gute Ausbildung der Mannschaften im Schiessen, so wird der Handelsschiff-

Kreuzer so viel mehr Schüsse erhalten, als das Kriegsschiff, als seine Projection grösser ist, als die des letzteren. Dass das letztere Schiff sich in Folge seiner grösseren Manövrirfähigkeit seine Stellung wählen kann und daher noch mehr unerwiderte Treffer erzielt, sei noch gar nicht in Anschlag gebracht. Der Handelsschiff-Kreuzer wird hiernach wohl unzweifelhaft dem Kriegsschiffe unterliegen, sich vielleicht aber mit seiner eventuell grösseren Geschwindigkeit flüchten können, wenn nicht bei der ungemein leichten Verletzlichkeit der hoch über die Wasserlinie ragenden Maschinen und Kessel diese im Gefecht beschädigt worden sind.

Um einen Schutz für diese Theile zu schaffen, werden, wie schon erwähnt, dicke Kohlenbunker rings um Maschinen- und Kesselluken angebracht. Nach den Schiessversuchen ergiebt sich, dass Bunker von $2{,}4^{m}$ bis 3^{m} Dicke gegen Langgranaten aus 15^{cm} Geschützen zwar genügenden Schutz gewähren, da diese, wenn sie nicht crepiren, zu Bruch gehen, ehe sie den Bunker durchschlagen haben, während die im Bunker crepirenden Granaten die Kohlen nicht in Brand setzen und durch ihre Explosion keinen besonderen Schaden anzurichten vermögen. Dagegen durchschlagen Hartgussgranaten und Stahlgeschosse des 15^{cm} Geschützes selbst noch dickere Kohlenbunker, wenn auch nicht gerade in der Schussrichtung, sondern vielleicht stark abgelenkt. Immerhin ist der Bunker der angegebenen Dicke mit 15^{cm} Vollgeschossen zu durchbohren und bietet daher für die sehr empfindlichen Maschinen und Kessel nur einen sehr problematischen Schutz. Viel schlimmer stellt sich die Sache noch, wenn am Ende einer sehr langen Kreuztour auch die Kohlen dieser Schutzbunker, wenn auch nur theilweise, haben verbrannt werden müssen und daher dieser Schutz überhaupt mehr oder weniger in Wegfall kommt.

Von manchen Seiten sind Baumwollenballen an Stelle der Schutzbunker vorgeschlagen worden, welche etwas leichter als Kohlen sind und daher die ohnehin schon äusserst geringe Stabilität der Handelsschiff-Kreuzer nicht so schädigen, als die hoch gestauten Kohlen, indessen fehlen genauere Versuchsergebnisse über die Widerstandsfähigkeit derselben gegen Geschosse und auch darüber, ob nicht etwa die Baumwollenballen durch die crepirenden Granaten in Brand gesetzt werden. Wegen der Unzulänglichkeit des Schutzes, welcher für die Maschinen und Kessel nur geschaffen werden kann, sind daher die Handelsdampfer ebenfalls für unpassend zur Verwendung als Kriegsschiffe anzusehen.

Es soll die Schott-Theilung der Handelsdampfer, die als Kreuzer Verwendung finden sollen, eine solche sein, dass jede einzelne der Abtheilungen voll Wasser laufen und frei mit Aussenbords communiciren

kann, ohne dass dadurch das Schiff zum Sinken gebracht wird. Es ist das eine Forderung, die jedes Seeschiff ohne Weiteres erfüllen sollte, der aber leider bis jetzt nur sehr wenige der grossen Handelsdampfer genügen. So sank vor kurzer Zeit eins der neuesten und anerkannt besten Schiffe der englischen Handelsflotte, welches auf der Admiralty list eine der ersten Stellen einnimmt, der »Austral«, im Hafen von Sidney durch Einströmen von Wasser in die Kohlenladepforten der einen Seite.

Für eine Verwendung als Kreuzer würden jedenfalls die betreffenden Handelsdampfer einer genauen Untersuchung auf ihre Theilung zu unterziehen und unter Umständen erst noch durch Querschotte zu sichern sein. Ohne Weiteres würden nur sehr wenige Handelsdampfer auch der mangelhaften Schott-Theilung wegen als zum Kreuzer geeignet angesehen werden können.

Die sämmtlichen grossen Passagierdampfer, die als Kreuzer verwendet werden könnten, sind ausnahmslos aus Eisen oder Stahl gebaut und ist daher ihr Boden dem Bewachsen stark ausgesetzt. Den Geschwindigkeitsverlusten, die in so hohem Grade durch den Bodenanwuchs entstehen, wird bei den transatlantischen Linien durch häufiges Docken vorgebeugt, was bei der Verwendung als Kreuzer jedoch nicht erfolgen könnte. Der Boden des Handelsschiff-Kreuzers, der vielleicht in tropischen Gewässern lange Zeit sich aufhalten muss, wird bald so stark bewachsen, dass die ihm zugeschriebene Haupteigenschaft der Geschwindigkeit immer mehr und mehr abnimmt und sich bis auf die der kleineren, sonst viel langsameren, aber mit Kupferboden versehenen Kriegsschiffe reducirt. In dem Material des Bodens ist daher zweifellos eine weitere Ungeeignetheit des Handelsdampfers für eine Verwendung als Kreuzer zu erblicken.

Eins der am schwersten wiegenden Bedenken gegen die Improvisirung eines Kriegsschiffes aus einem Passagierdampfer liegt noch darin, dass diese fast ohne Ausnahme (nur die Dampfer der englischen Hill-line haben zwei Schrauben) Einschraubenschiffe sind, mit so geringer Takelage, dass dieselben gar nicht oder doch nur sehr wenig für die selbstständige Fortbewegung unter Segel allein in Frage kommen kann. Unter Berücksichtigung der vorn schon gemachten diesbezüglichen Ausführungen ist das vorgenannte Bedenken vollkommen begründet, besonders da die Stabilität der Passagierdampfer eine zu kleine ist, als dass ihnen die aus anderen Gründen ja wieder nicht wünschenswerthe Takelage gegeben werden könnte.

Die Neigung, aus Handelsdampfern Kriegsschiffe, Kreuzer, improvisiren zu wollen, kommt zum grössten Theil daher, dass in neuer Zeit

eine Zahl von Passagierschiffen gebaut worden ist, welche Geschwindigkeiten besitzen, die grösser sind, als die der vorhandenen Kriegsschiffe. Es wurde daher ausgesprochen, dass diese Handelsdampfer unerreichbar für Kriegsschiffe in See seien, und weiter wurde hieraus der Trugschluss gezogen, dass deshalb diese Handelsdampfer auch geeignet sein müssten, activ im Kriege aufzutreten. Die Überlegenheit einzelner, aber bis jetzt nur weniger, ganz neuer Handelsdampfer an Geschwindigkeit über die grosse Zahl der bestehenden Kriegsschiffe ist ja vorhanden, die Zahl dieser Dampfer ist jedoch weit geringer als im Allgemeinen angenommen wird; so existiren in der deutschen Handelsflotte etwa sechs grosse Dampfer mit mehr als 14 Knoten Geschwindigkeit, während alle übrigen Schiffe nur Geschwindigkeiten haben, die höchstens zu etwas mehr als 13 Knoten anzunehmen sind, also geringer als die der meisten Kreuzer. Wäre aber die Geschwindigkeit wirklich wesentlich grösser, als bei allen Kriegsschiffen, so würde doch durch die Erfüllung der einen dem Kreuzer nothwendigen Eigenschaft das Handelsschiff doch noch lange nicht dazu befähigt werden, die Rolle des Kriegsschiffes mit Erfolg spielen zu können.

Als besonders das Handelsschiff zum Kreuzer befähigend wird die Eigenschaft desselben hervorgehoben, dass der ganze grosse Laderaum mit Kohlen angefüllt werden kann, wodurch das Schiff in den Stand gesetzt würde, ganz ausserordentlich grosse Strecken unter Dampf zurückzulegen. Die Möglichkeit, den Raum mit Kohlen ganz anzufüllen, ist jedenfalls vorhanden, dagegen bietet die Ausnutzung dieser bedeutenden Kohlenmasse derartige Schwierigkeiten, dass die ganze Annahme nicht mehr richtig bleibt.

Die transatlantischen Passagierdampfer besitzen ohne Ausnahme so geringe Stabilität, dass beim Löschen der Ladung ganz besondere Sorgfalt darauf verwendet werden muss, um möglichst gleichmässig und gleichzeitig mit dem Herausnehmen der zu löschenden Ladung andere Gewichte, beispielsweise Kohlen, an Bord zu bringen, da sonst Gefahr vorhanden ist, dass das Schiff im Hafen halb umfällt. Es ist dies der Fall, trotzdem in sehr viele der genannten Dampfer Hunderte von Tonnen an festem Ballast eingebaut worden sind.

Wenn nun einer dieser Dampfer als Kreuzer eine ganze Kohlenladung im Raum erhalten hat und mit sich führt, und nun nach und nach dieses grosse Gewicht aufzehrt, so ist damit eine fortwährende Abnahme der Stabilität verbunden, und dies umsomehr, als die Stabilität ohnehin durch die hoch im Schiff liegenden Kohlenmassen, die Maschinen und Kessel schützen und daher erst zuletzt aufgezehrt werden sollen, verringert ist.

Wegen des Abnehmens der Stabilität wird voraussichtlich nur ein geringer Theil des Kohlenvorraths im Raum in See verbraucht werden dürfen, der grössere Theil wird zur Erhaltung der nothwendigen Stabilität im Schiffe ungenutzt verbleiben müssen. Dies wird vornehmlich der Fall sein bei den Schiffen ohne Einrichtung zum Nehmen von Wasserballast; die mit Doppelboden versehenen Schiffe können zwar etwas mehr von der Kohlenladung ausnutzen und verbrauchen, sie sind aber doch nicht im Stande, ihren ganzen Kohlenvorrath in See aufzubrauchen. Durch den Verbrauch der Kohlenladung tauchen ausserdem die Schiffe derart bedeutend aus, dass ihre ohnehin schon fast zu grosse Höhe über Wasser noch mehr und zwar so weit wächst, dass jede querein kommende Welle und der querein kommende Wind den Schiffskörper bei Seite werfen und unregierbar machen, ganz abgesehen davon, dass dadurch die Zielfläche entsprechend wächst und Maschinen und Kessel immer mehr aus den Wasser kommen.

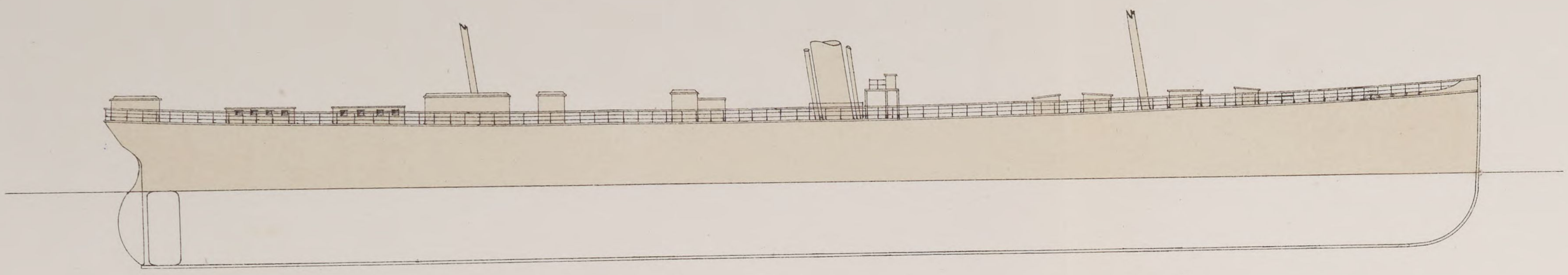
Die Eigenschaft der transatlantischen Dampfer, grosse Kohlenmengen einnehmen zu können, wird daher dem Handelsschiff-Kreuzer garnicht oder nur in sehr geringem Maasse von militärischem Vortheil sein können.

Die Aufstellung von Geschützen an Bord der transatlantischen Dampfer wird zwar mit allerhand Unzuträglichkeiten und Schwierigkeiten zunächst zu kämpfen haben, dieselben sind indessen nicht zu ernster Natur und würden in jedem Specialfalle wohl beseitigt werden können. Das in allen Fällen wohl nothwendig werdende Verstärken oder besondere Abstützen der Decks kann ja leicht geschehen und würde selbst das Einschneiden von Geschützpforten keine besonderen Schwierigkeiten bieten. Nur die Aufstellung gerade voraus feuernder Jagdgeschütze wird nicht leicht auszuführen sein, jedoch sei auf diese Detailfragen hier nicht näher eingegangen.

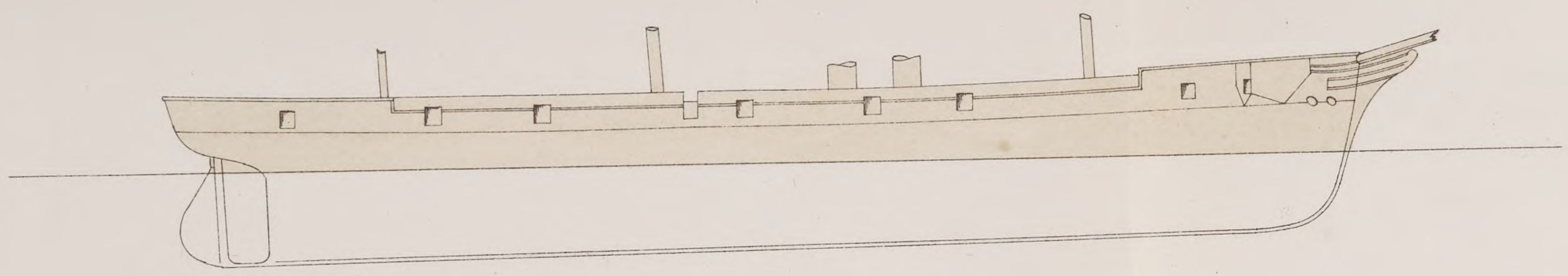
Aus dem Vorstehenden ist der Schluss zu ziehen, dass die vorhandenen transatlantischen Dampfer nicht als geeignet angesehen werden können, um im Kriege als selbstständige Kreuzer aufzutreten und dass dieser Dienst nur speciell für diesen Zweck gebauten Kriegsschiffen überlassen bleiben muss. Die Handelsschiff-Kreuzer würden immer nur eine Art improvisirter Miliz bilden, wenig geeignet zu militärischen Handlungen und höchstens von moralischer Einwirkung, während die nur zu leichte Wegnahme eines solchen Schiffes als grosser pecuniärer und moralischer Verlust anzusehen ist.

Zur Abhandlung von A. Dietrich.

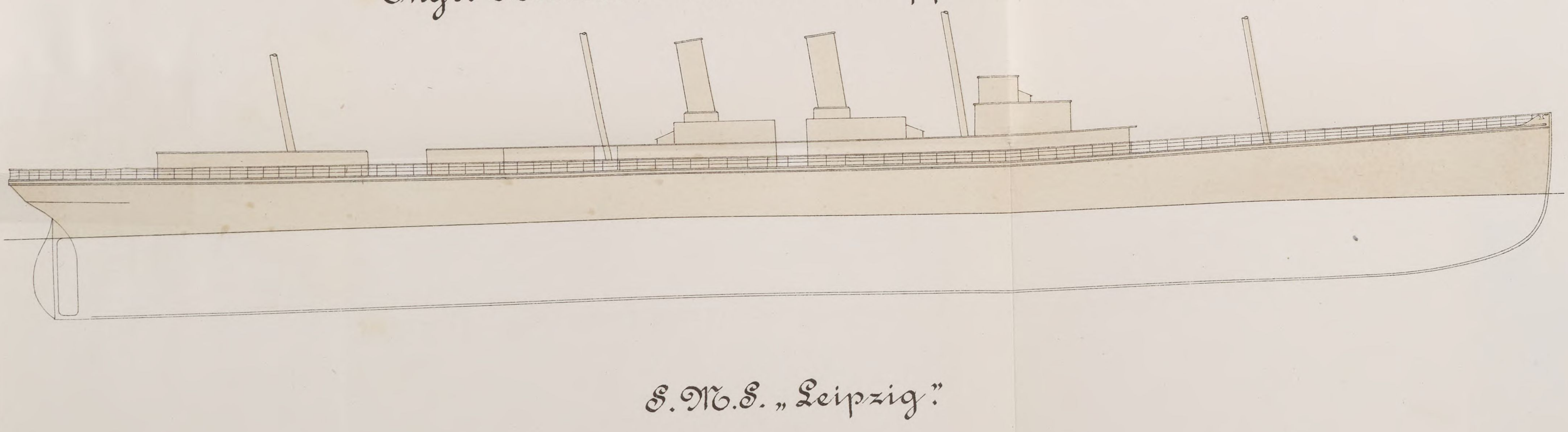
S. S. Frisia.



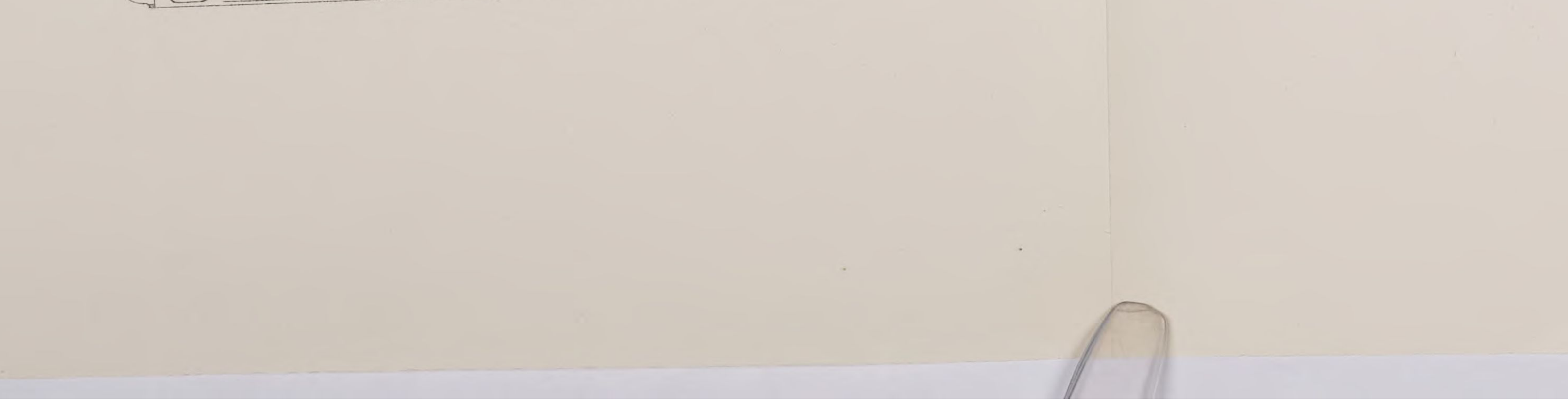
S. M. S. „Carola".



Engl. Transatlantischer Dampfer. (: wie Austral :)



S. M. S. „Leipzig".



Araceenformen in der Flora des Ornaments.

Von E. Jacobsthal.

(Hierzu Taf. I. und II.)

Die Aufgaben einer Entwickelungsgeschichte der Ornamentformen lassen sich mit denjenigen Problemen vergleichen, welche die Entwickelung der Sprachen einerseits, diejenige der natürlichen Organismen andererseits zur Lösung stellt. Hier wie dort wird die Geschichte der Einzelerscheinung das verknüpfende Band zwischen den verschiedenen, zeitlich aufeinander folgenden, räumlich nebeneinander geordneten Blättern herstellen, in welche umfassendere Methoden der Forschung die Gebiete gegliedert — dadurch aber auch getrennt haben. Die Stetigkeit des Werdens wird daher an der Entwickelung einer für sich betrachteten Form leichter zu verfolgen sein.

Wie die Wörter zum Gedanken, so verhalten sich die Einzelformen der Ornamentik zu der ganzen Kunstschöpfung. Der unmittelbare Zusammenhang in der Geschichte des Gedankens und derjenigen des Wortes lässt sich auch auf diesem Gebiete erkennen, und das Leben der Kunstformen kann treffender kaum charakterisirt werden, als durch den Ausspruch Jacob Grimm's über die Wörter: »im langen unabsehbaren Gebrauch sind sie zwar gefestigt und geglättet, aber auch vernutzt und abgegriffen worden oder durch die Gewalt zufälliger Ereignisse verloren gegangen. Wie die Blätter vom Baum, fallen sie von ihrem Stamm zu Boden und werden von neuen Bildungen überwachsen und verdrängt: die ihren Stand behaupteten, haben oft Farbe und Bedeutung gewechselt, dass sie kaum mehr zu erkennen sind«.[1]

Noch engere Vergleiche aber lassen sich zwischen den Kunstformen und den natürlichen Organismen aufstellen. Wie sich diese aus einfachen Anfängen verfolgen lassen bis zu den differenzirtesten Gebilden, deren höchste Stufen nie ohne die vorhergehenden minder hohen gedacht werden können, so fussen die höchsten ornamentalen Kunstwerke auf langen Entwickelungsreihen stets weitergebildeter traditioneller Formen. Um wieder einem grossen Forscher das Wort zu geben: »Sur ce premier fond fourni par les petits se detachent plus tard de grands noms, des individus auxquels on est tenté de tout attribuer. En les regardant de plus près on reconnait que leur action a été faible en comparaison de celle de la masse anonyme«. (Edgar Quinet).[2]

Berechtigen somit die Beziehungen zu anderen Äusserungen der Culturentwickelung, die Ähnlichkeit der Entwickelungsgesetze mit denen der Natur selbst, zu einer eingehenderen Betrachtung des Lebens der Kunstform an sich, so wird die Kenntniss der Entwickelung für den ausübenden Künstler eine Nothwendigkeit. Der Dichter und Denker bildet wohl den Gedanken weiter: das Wort zu ändern ist er weder befugt, noch wird solches von ihm verlangt; aber das ornamentale Kunstwerk soll selbst in den Einzelformen über dem bisher Dagewesenen stehen, wenn nicht unter Umständen Neues bieten. Daher werden Untersuchungen, welche es anstreben, durch die zum Theil ungeordnete und überwältigende Fülle der traditionellen Formen einen Weg zu bahnen, mindestens den Vortheil bieten, das Material dem Künstler besser vorbereitet zu überliefern: »damit er sich nicht zu weit aus seinem Kreise entferne, damit er das Unnöthige nicht aufnehme und das Nöthige versäume«.[3]

Von dem Ornamentisten wird nun im Allgemeinen verlangt, dass er sich zum Ausdruck seiner Gedanken solcher Einzelformen bediene, welche durch ihre äussere Erscheinung das Wesen des Kunstwerks näher charakterisiren, wozu auf den einfachsten Stufen tektonischer Gebilde, z. B. neutralen Flächen, geometrische gesetzmässige Linien (gleichsam Krystallisationsstrahlen) oder Farbenflächen etc., welche dem Auge als Führung dienen, die grundlegenden Motive abgeben. Nähert sich das Werk einem complicirten Organismus, so werden diese Elemente allein nicht ausreichen und es wird nothwendig, durch Hinzuziehung anderer Motive traditionelle und associative[4] Vorstellungen in dem Beschauer wachzurufen, damit er das Kunstwerk leichter und mit erhöhterem ästhetischen Genusse erfasse. Derartige associative Vorstellungen erweckt z. B. dasjenige Ornament, welches »mit wandelbaren Formen der vegetirenden Welt den Marmor belebt«, d. h. Gesetze, welche dem Pflanzenleben angehören, diesem entleiht, um dem inneren Organismus des Kunstwerks noch durch einen entsprechenden äusseren die rechte Vollendung auf-

zuprägen. Drängen sich aus irgend einem Grunde die traditionellen und associativen Vorstellungen so vor, dass in dem Werke ihnen in erster Linie Rechnung getragen werden muss, so entstehen die symbolischen Decorationen,[5] (z. B. Kränze, Embleme etc.), welche in ihrer Unabhängigkeit vom tektonischen Organismus des Werkes mehr dem Gebiete der Malerei und Sculptur angehören. Diese Künste suchen in der Nachahmung der natürlichen Vorbilder ihren Ausdruck, während die Ornamentik eine solche fast ausschliesst. Lehrt zwar die Kunstgeschichte, dass hier ein zu weit gehender Naturalismus zumeist eher Verzeihung erlangte, als eine zu strenge Unterwerfung unter die tektonischen Gesetze, so liegt das vielleicht in dem unwiderstehlichen Reiz der Naturform, welche den Künstler leicht verführt, demselben durch unmittelbare Nachbildung Rechnung zu tragen, den Beschauer aber etwaige Mängel im Organismus des Ganzen oft übersehen lässt.

Immerhin haben diese enggezogenen Grenzen, trotz der scheinbar unendlichen Fülle der Motive aus der Pflanzenwelt, doch nur wenige typische Ornamentformen aufkommen lassen, welche sich im Laufe ihrer Entwickelung frei machten von dem unmittelbaren Zusammenhange mit der ursprünglichen Pflanzenform: so das architektonische Akanthusblatt, die Palmette, endlich die hier näher zu betrachtenden am besten unter dem Namen der Araceenformen zu fassenden Bildungen, denen ihre vollkommenste Ausgestaltung erst Jahrhunderte nach ihrer Ableitung aus der Pflanzenform durch die menschliche Kunstthätigkeit verliehen worden ist. Viele Gebilde der organischen Natur entziehen sich überhaupt der Unterwerfung und Umgestaltung. VIOLLET-LE-DUC sagt einmal: »La nature n'est pas comme les gens qui font faire leur portrait: elle ne pose pas, elle a d'autre besogne sur les bras.«[6] — Es muss schon ein eifriger, vor Allem aber uneigennütziger Bewerber sein, der von der Natur hier und da durch einen beglückenden Blick belohnt wird.

Vergegenwärtigen wir uns die Schwierigkeiten der Benutzung der Pflanzenform für ornamentale Zwecke an einem der einfachsten Beispiele etwas näher: Eine Relieftafel soll in regelmässiger Linienführung durch flaches Pflanzenornament organisirt werden. — Wie bannt der Ornamentist die frei nach allen Dimensionen ihre Blätter entwickelnde Pflanze auf die Fläche, ohne ein Gebilde wie ein gepresstes Herbarienexemplar zu erzeugen? — Nach manchen vergeblichen Bemühungen geeignete Vorbilder in der Natur zu finden sieht er im Walde einen Epheuzweig über dem Moose hinschleichen, einen anderen den glatten Stamm einer Ulme erklimmen. Die Pflanze hat es verstanden, sich in ihrer Blattstellung den Bedingungen der Flächen, an welchen sie haften muss, anzupassen, während ihre frei aufstrebenden Zweige diesem Zwange

nicht unterlagen, daher die volle plastische Entfaltung zeigen. Auch die Blätter der Ulme, in dem Bestreben, ihre Oberseite dem Lichte zuzuwenden, haben ähnliche Stellungen angenommen: beide Pflanzen sonach die Aufgabe gelöst, Blätter in einer Fläche anzuordnen — dieselbe, welche dem Ornamentisten gestellt war. Nunmehr der Anregung folgend und die Metamorphose der Blattstellung durch Zweig- und Blattstiel-Bewegung beachtend,[7] wird er seine Arbeit fördern können.

Es müssen aber Blüthenformen die Bildtafel schmücken. Ein ausgebreitetes Blatt allein vermag die Blüthe nicht zu ersetzen, denn wie die blühende Blume im Fenster erst der Hütte den Schmuck verleiht, so erscheint das Ornament seelenlos ohne eine Blüthe, eine Knospe, eine Frucht.

Nur an des Lebens Gipfel, der Blume, zündet sich Neues
In der organischen Welt, in der empfindenden an.[8]

Sollte es sich nicht auch daraus erklären, dass die Palmette, nachdem sie aus der Repräsentation der ganzen Dattelpalme[9] mit den Fruchttrauben allmählig nur die Darstellung eines Blattzipfels geworden war, herabsteigen musste von dem »im rechten Augenblick erreichten, später unerreichbaren Gipfel«, zu welchem sie griechischer Künstlergeist empor geführt hatte, um in der römischen Kunst freudelos dahinzusiechen? —

Für die Spiralwindungen des Linienschemas werden sich leichter regelmässige rosettenartige Formen finden und verwenden lassen. Aber die Mittelblume muss aufgerichtet sich darstellen. Da beginnen wieder die Schwierigkeiten; denn wenige Blumen (wie Lotus, Tulpe u. s. w.) wollen sich in eine Fläche bringen lassen, ohne ihr Leben einzubüssen, wenn sie auch ihre volle plastische Form willig darbieten, sobald es sich um Vorbilder für freie Endigungen, Krönungen im Raume handelt.

Doch es gelang der Antike, eine Pflanzenform in das Bereich ihrer Schöpfungen zu ziehen, welche in der eigenthümlichen Combination von Blatt und Blüthe, Blüthenscheide (spatha) und Blüthenkolben (spadix) für die mannigfachsten Bedürfnisse ornamentaler Kunst, namentlich für die Reliefdarstellung wie geschaffen war. Diese Form tritt in der natürlichen Familie der Araceen oder Arongewächse auf. In wie weit einzelne Species der Pflanzen als Ausgangspunkte zu bezeichnen sein werden, soll durch die in Nachfolgendem gegebene Übersicht der Untersuchungen näher erörtert werden; allein auf diesem der lebendigen Anschauung anheimfallenden Gebiete wird es kaum möglich sein, den Mangel zahlreicher bildlicher, ja plastischer Darstellungen durch wenige Worte und einige Zeichnungen zu ersetzen. Nur durch die Continuität der Formen kann das Bild der Entwickelung übersichtlich erscheinen; denn oft bieten an sich unbedeutendere Werke wichtige Zwischenglieder.[10]

Zunächst finden wir das Formenschema der Araceenblüthe, einer von einem Blatte umhüllten Blume (oder Frucht) in drei grossen Gruppen ornamentaler Werke vor: I. in den aus der Antike uns überkommenen tektonischen Kunstwerken, II. in dem sogenannten »Granatapfelmuster« der arabischen und mittelalterlichen Gewebe, III. in den sogenannten »Palmetten« persisch-indischer Provenienz auf Geweben, Metall- und Lackarbeiten u. s. w. Diese drei Gruppen lassen sich auch als durch die Art und Weise der Ausgestaltung gesondert betrachten: während die östlichste Kunst die Gesetze des Flachornaments in rigoroser Weise zur Erscheinung bringt, treten die Gebilde der abendländischen Antike, selbst in der Malerei meist in reliefartiger Behandlung auf; die maurisch-mittelalterliche Kunst hält durch die präcise Wiedergabe der Contouren der plastischen Urform, ohne im Übrigen zur Imitation derselben zu schreiten, die weise Mitte ein.

Dass zu verschiedenen Zeiten und auf verschiedenen Ausbildungsstufen mannigfache Übergänge und Vermittelungen innerhalb der drei Gruppen stattfanden, darf kaum besonders hervorgehoben werden.

I.



Fig. 1. Capitell vom Apollotempel bei Milet. Nach VULLIAMY.

Beginnen wir mit der Betrachtung der uns aus der Antike überlieferten Formengruppe. Die einzelnen Glieder derselben werden, da

sie zumeist auf Bauwerken, oft noch an Ort und Stelle sich befinden, uns wenigstens annähernd gesicherte Ausgangspunkte liefern. Man kann das Auftreten der Form in Griechenland bis etwa in das fünfte Jahrhundert v. Chr. verfolgen; zu weiterer Entfaltung gelangt sie aber erst in der Zeit, als die Architektur ihre Schöpfungen durch reicheren ornamentalen Schmuck belebte, namentlich aber das Akanthusblatt als neues Element einführte. So entspringt die bescheidene Blume in den Antefixen des Daches der Propyläen zu Athen den Rankenwindungen, welche die Palmette stützen. Bedeutsamere Verwendung derselben zeigt das Ornament der Pfeilercapitelle des Tempels des Apollo Dydimaeus bei Milet in der Mittelblume (Fig. 1). Derselben Kunstepoche mögen die in dem korinthischen Capitell des Lysikrates-Denkmals zu Athen (335 v. Chr.) zwischen den

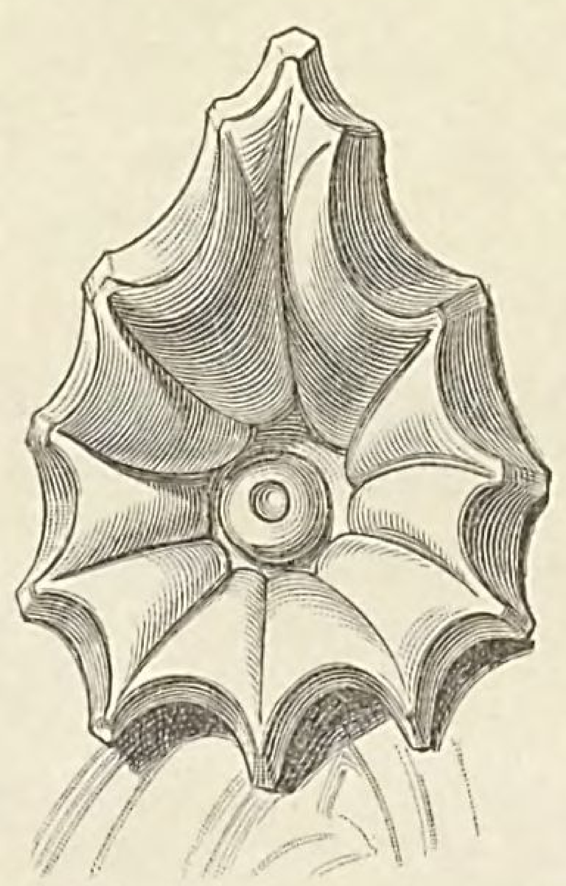


Fig. 2. Blume vom Capitell des Lysikrates-Denkmals in Athen. N. Abg. gez. v. A. Brosche. ½ nat. Gr.

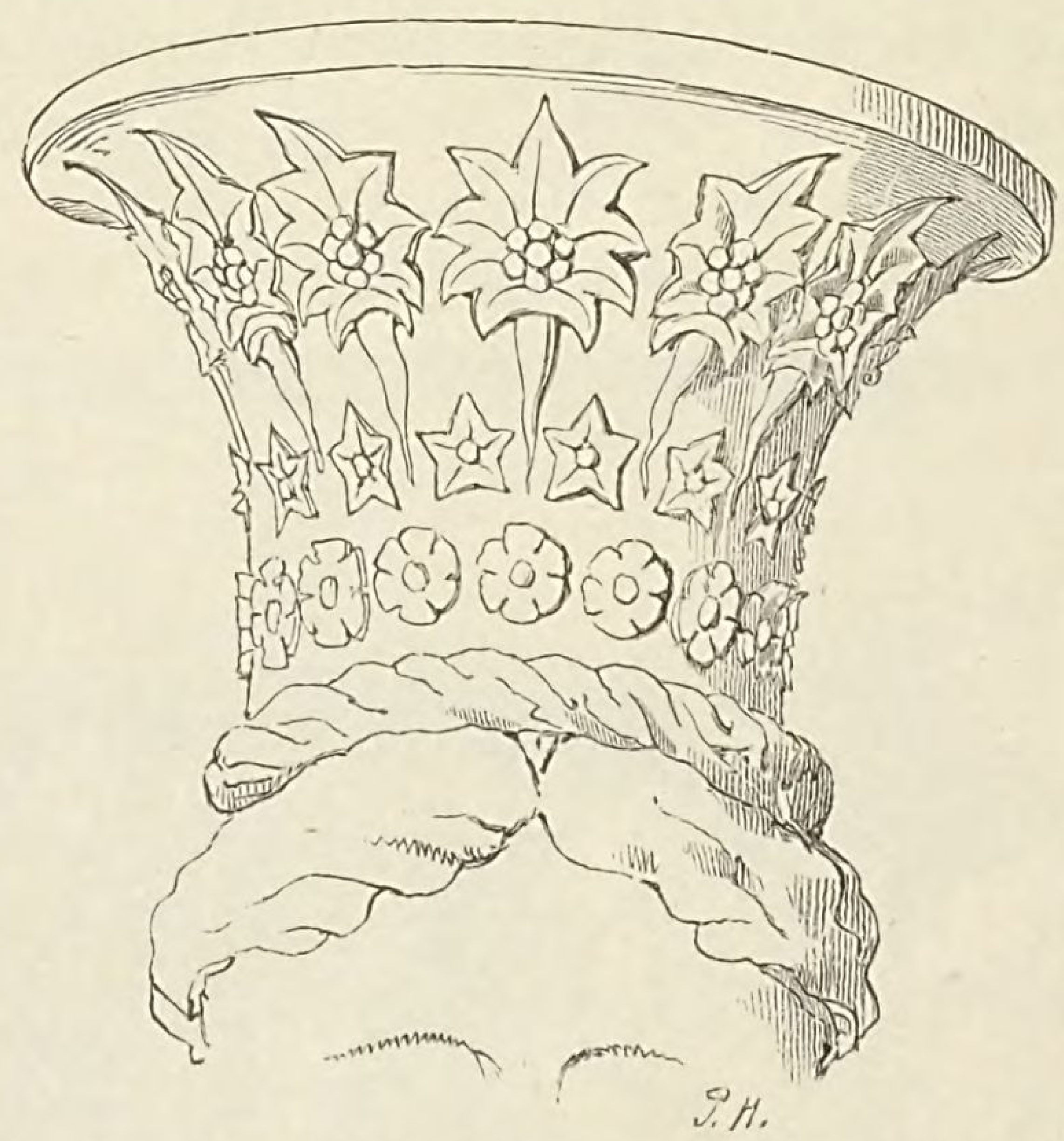


Fig. 3. Kanephore in der Villa Albani zu Rom. P. Hesse gez.

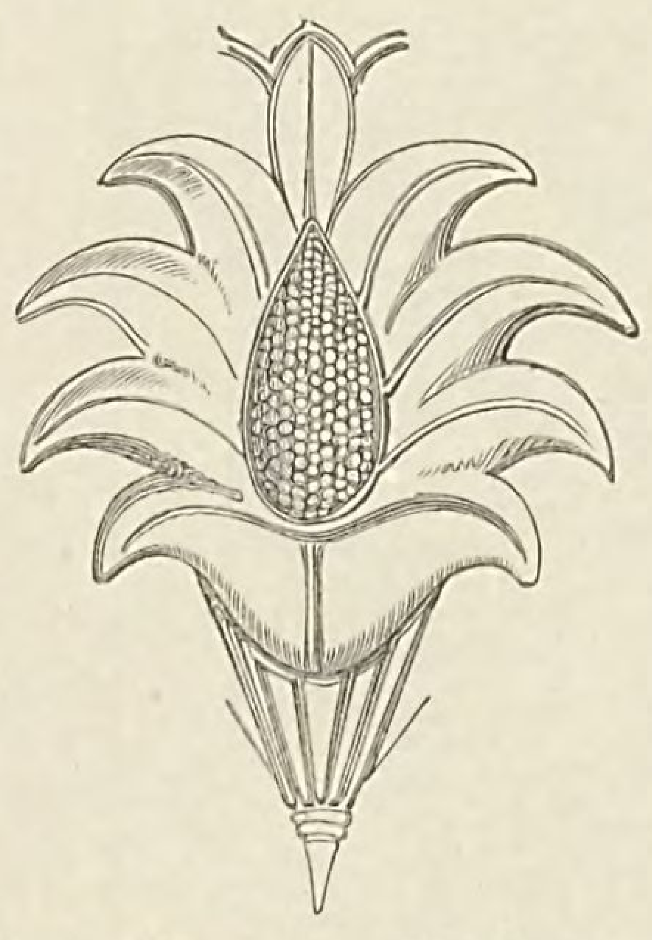


Fig. 4. Blume vom Goldhelm aus Ak-Burun. Nach Stephani. ½ nat. Gr.

Akanthusblättern aufspriessenden Blüthen angehören (Fig. 2).[11] In Eleusis schmücken sie an hervorragender Stelle die eigenthümlichen Pfeiler- und Säulencapitelle der Propyläen.[12] Die in Athen gefundenen grossen gefässartigen Grabsteine,[13] ebenso viele Krönungen der flachen Grabstelen, zeigen mehrfache Verwendung der Form, sogar zu Anthemien-Ornamenten aneinandergereiht. Auf der berühmten, in Dresden befindlichen dreiseitigen Basis mit den Darstellungen aus dem Apollo-Mythus,[14] fügt sie sich dem Rankenwerke des unteren Theiles ein. Besonders reich schmückt die

Blume den Kalathos einer Kanephore in der Villa Albani zu Rom (Fig. 3),[15] wie ein ganz ähnliches Capitell, dessen Fragment sich in Athen befindet.[16] Der im Museum zu St. Petersburg aufbewahrte, im Grabe von Ak-Burun gefundene getriebene und durchbrochene Goldhelm eines griechischen Kriegers zeigt dieselbe Form (Fig. 4).[17]

Späterer Zeit gehören mannigfache Darstellungen aus den Funden von Pergamon an: in der Tropäenbrüstung des Altars, im Friese eines Grabdenkmals, in anderen Fragmenten im Museum zu Berlin (Fig. 5).[18] Die in

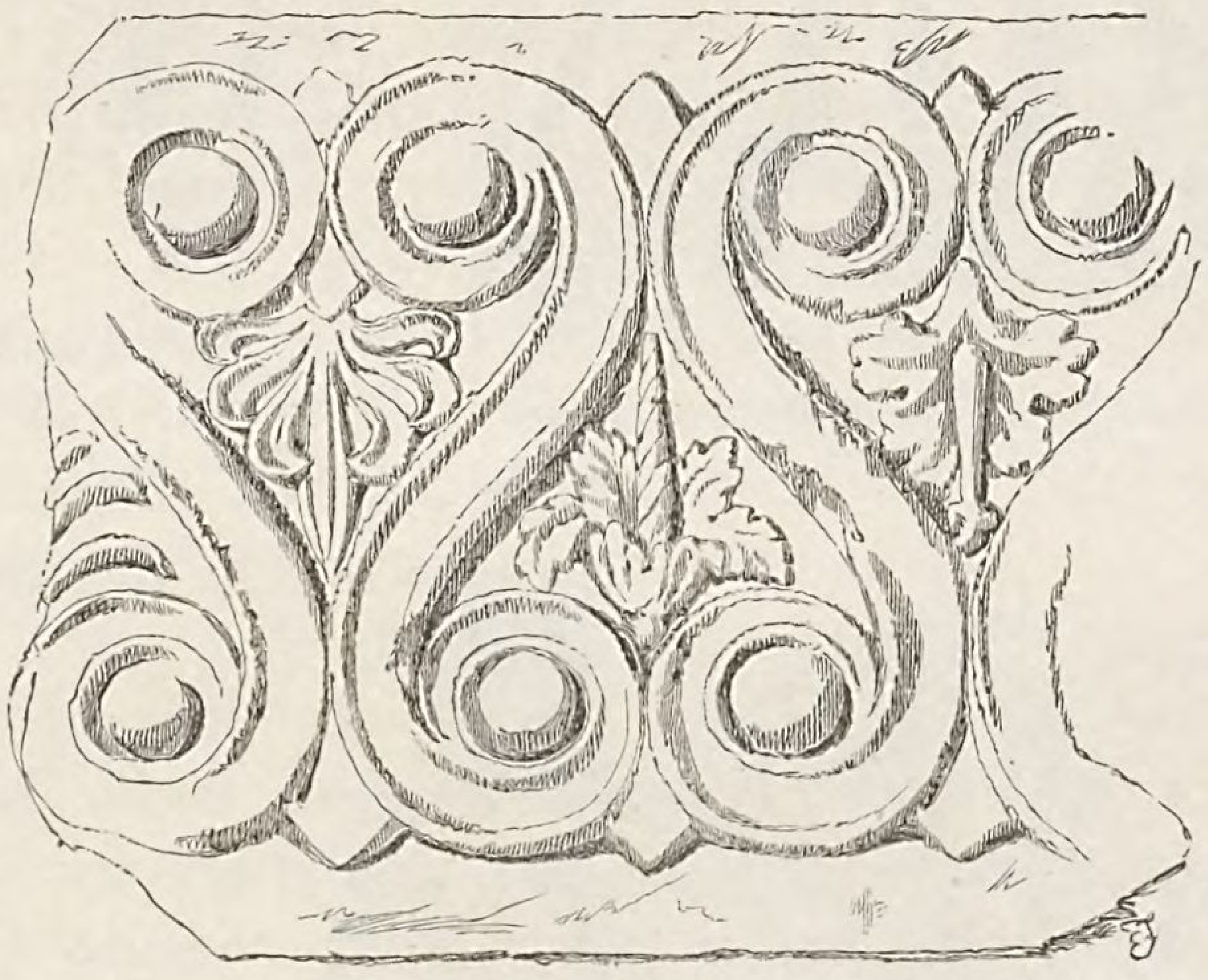


Fig. 5. Marmorfragment aus Pergamon. N. Z. d. Verf. ½ d. w. Gr.



Fig. 6. Von einer Säulenbasis des Apollotempels zu Milet. N. Z. d. Verf.

Paris befindlichen eigenthümlichen Säulenbasen des Apollotempels bei Milet zeigen in ihrem Rankenwerke ebenfalls freiere Ausbildung des Motivs (Fig. 6), wie sie in vielen Varianten die pompejanischen Reste noch aufbewahren. Die etruskische Kunst liefert Beispiele einer einfacheren Ausbildung, wie Fig. 7 (Pfostencapitell von einem Sarkophag im Museum zu Berlin)[19] darstellt.

Eine grosse Fülle derartiger, theils strengerer, theils freierer Gestaltungen tritt uns auf den Metallarbeiten, Candelabern, Gefässen der Antike entgegen, wofür die in grosser Anzahl auf uns gekommenen Kunstwerke, z. B. auch der Hildesheimer Silberfund Belege bieten. Die Verwendung im menschlichen Schmuck zeigt ausser mehreren Goldarbeiten in der Campana-Sammlung[20] ein von STACKELBERG[21] mitgetheilter goldener Gürtel aus Ithaka.

Mit wenigen Ausnahmen haben sich die bisher betrachteten Formen in mässigen, ja kleinen Maassstäben bewegt. Wie diese mit den grossen Aufgaben der monumentalen römischen Kunst wachsen, erfordern die erhöhten Ansprüche an eine reichere Durchbildung aller Details auch eine weitere Gliederung der Araceenform. Lehrreich sind in dieser

Beziehung die Capitelle des sogenannten Vestatempels in Rom, welche in ihren leider spärlichen und kaum wiederzugebenden Resten drei stufenweise immer weiter differenzirte Varianten der Form in ihren Mittel-



Fig. 8. Capitellblume v. Vestatempel in Rom. N. ISABELLE.

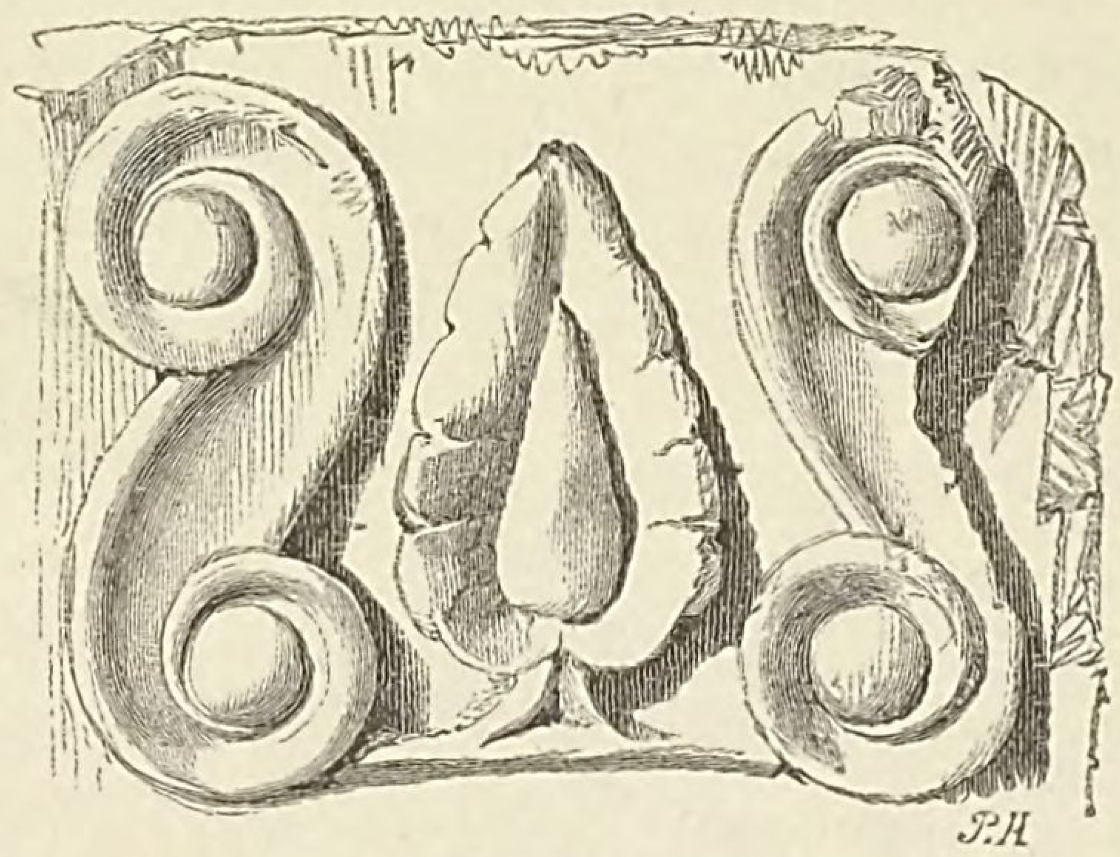


Fig. 7. Von einem Sarkophag im Museum zu Berlin. P. HESSE gez.

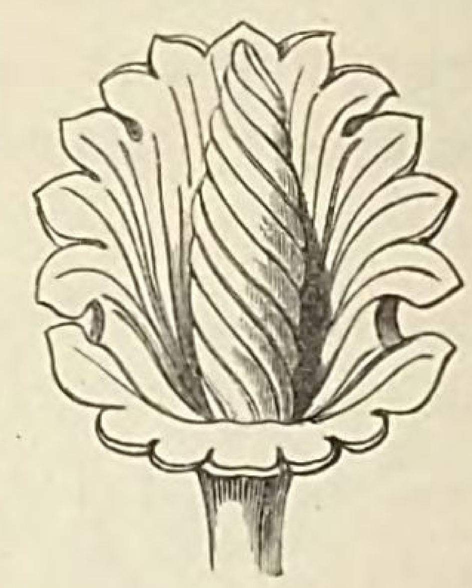


Fig. 9. Capitellblume v. Vestatempel in Rom. N. ISABELLE.



Fig. 10. Vom Fries der Basilika Ulpia zu Rom. Nach LAMPUÉ.

blumen erkennen lassen (Fig. 8 und 9 zeigen zwei der Blumen).[22] Eine ähnliche Mittelblume weist ein von PIRANESI mitgetheiltes Capitell aus Cora auf, eine andere, vielen späteren Bildungen der Renaissance zum Vor-

bild dienende, haben uns die Pilastercapitelle der oberen Attika im Pantheon bewahrt.[23]

Die Umwandlung des in der griechischen Kunst mehr oder weniger stark gewellten, ausgebuchteten Hüllblattes in ein akanthusartig gegliedertes machte nun weitere Fortschritte. Der für alle ornamentalen Bildungen ausgiebige, grossen und kleinen Maassstäben sich anpassende Organismus des Akanthusblattes erforderte ausserdem eine ornamentale Blüthe, die aus seiner natürlichen schwer zu entwickeln war und erhielt sie in der umgewandelten des Arum.

Eine Fülle derartiger, durch Verschmelzung zweier Pflanzengebilde entstandenen Motive ist aus den römischen Ruinen auf uns gekommen; auch die Überreste aus Palmyra[24] zeigen besonders lehrreiche Beispiele. Indem nun bei grösseren Maassstäben der Blüthenschaft candelaberartig ausgebildet, der untere gefässartige Theil des Hüllblattes direct in ein Gefäss verwandelt wurde, entstanden Compositionen, wie sie der berühmte Fries der Basilika Ulpia in Rom (Fig. 10),[25] das am weitesten gegliederte Beispiel der Art, aufweist.

In anderer Form treten diese ornamentalen Akanthusblüthen als Endigungen der Stengel (Fig. 11) in vielen uns erhaltenen Rankenfriesen auf, meist abwechselnd mit centralen Blumenbildungen; die geradlinige Entwickelung hat hier der bewegteren, dem Rankenzug angepassten geschwungenen Form Platz gemacht.[26] Endlich sei noch der freieren, namentlich an kleineren Werken auftretenden Anordnung erwähnt, welche statt der kolbenartigen Blüthen in naturalistischer Weise Früchte wie: Granaten, Birnen (Fig. 11), Eicheln, oft noch mit eigenem Laube versehen, in das umschliessende Akanthusblatt einsetzen.[27]

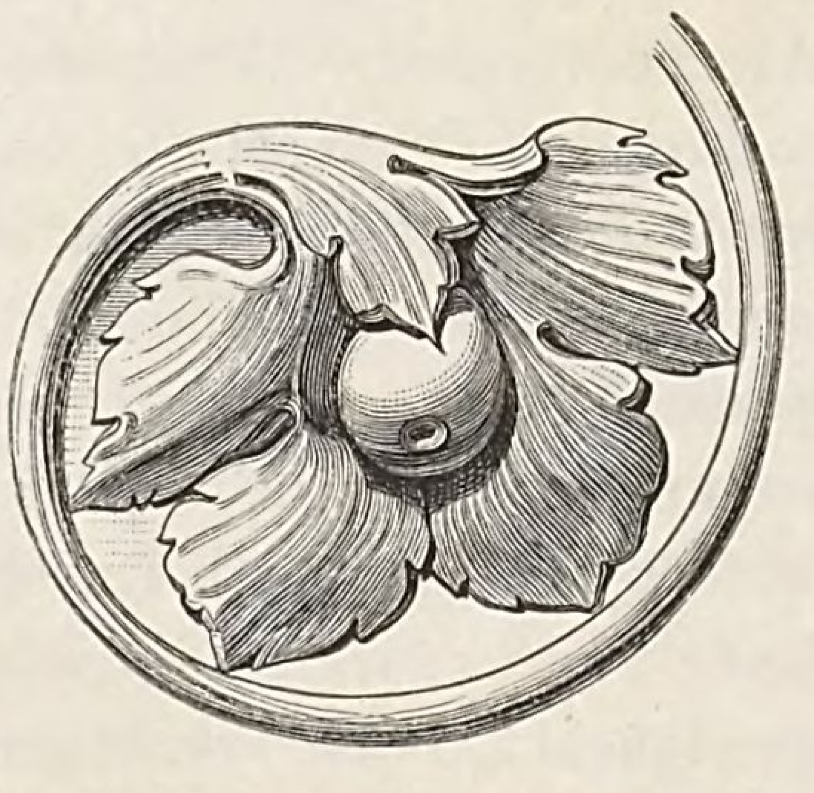


Fig. 11. Von einer Marmorvase in Neapel. Nach Photographie.

Wenn wir die bisher betrachteten der Plastik entstammenden Bildungen noch bis Griechenland und Kleinasien verfolgen konnten, so versagen für diese Gebiete die Quellen bezüglich der gemalten Darstellungen. Auf griechischen Gefässen in ihrem bescheidenen Ornament finden sich nur anzuzweifelnde Andeutungen der Form, während dagegen die reich ornamentirten apulischen Prachtvasen sie in überraschender Mannigfaltigkeit zeigen. Die aus Ruvo stammende Vase Nr. 675 im Museum zu Neapel, die ebenfalls dort gefundene grosse Amphore im Museum zu Karlsruhe, eine Anzahl Vasen in der Münchener Sammlung[28] (welcher das im Holzschnitt Fig. 12 dargestellte Ornament entnommen ist) bewahren



Fig. 12. Von einer Vase der Sammlung zu München. Nach Lau.

in ursprünglicher Frische die Motive der Araceenblüthen. Meist entspriessen sie hier den Rankenzwickeln.

Noch weitere Verwendung hat die pompejanische decorative Kunst aber der Form angedeihen lassen, zumal durch Schatten- und Lichtgebung die farbige Ausstattung mit der plastischen Erscheinung verbunden werden konnte (Fig. 13 und 14). Ein schönes Beispiel einfacherer Zeichnung aus diesem Formenkreise ist uns in einem Mosaikfries im Museum zu Dresden erhalten (ein kleines Stück befindet sich im Antiquarium in München).[29] Die beigegebene Tafel I zeigt einen Theil des sich wiederholenden Anthemions von Palmetten und zwei verschieden ausgebildeten Araceenformen. Wenn man aus den Malereien in den Loggien des Vatican, und den nur durch ungenügende Publication bekannten Malereien in den Thermen des Titus zu Rom[30] auf die römische Decorationsmalerei der Blüthezeit Schlüsse ziehen darf, so muss man eine mannigfaltige und weitgehende Verwendung und Durchbildung der Form in dieser voraussetzen. Es wird auf diese Ornamente demnächst noch zurückzukommen sein.

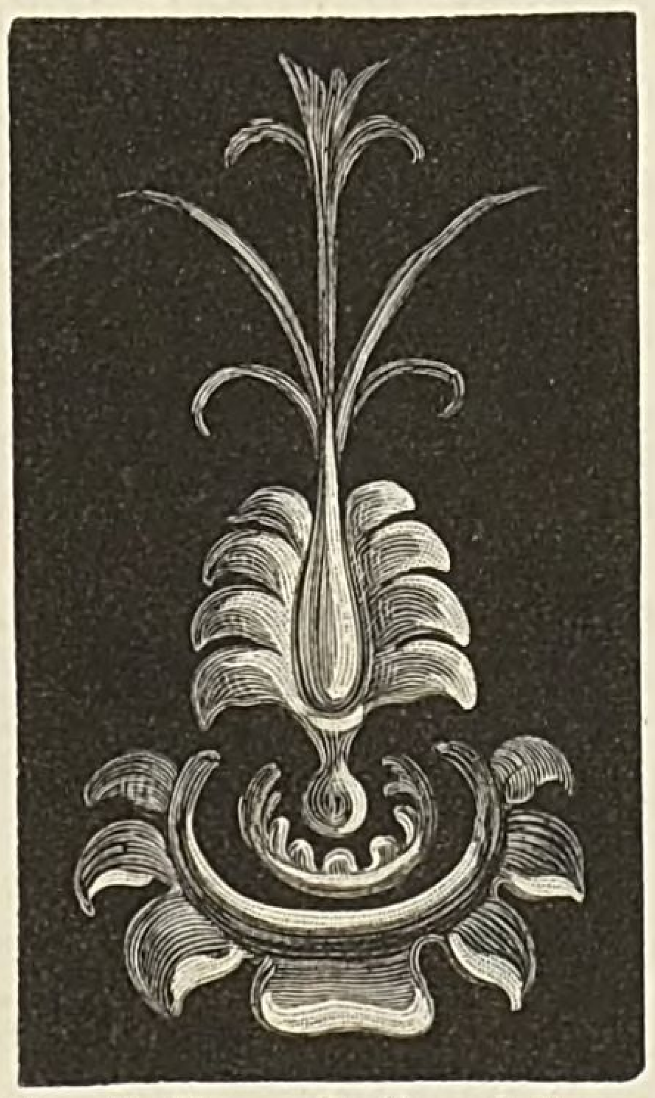


Fig. 13. Pompeji. Casa della parete nera. Knochenhauer gez.

Unterbrechen wir nun den Gang der Untersuchungen über die Ornamentformen, um über die zu Grunde liegenden Naturformen Erhebungen anzustellen. Der Augenschein hat gelehrt, dass die besprochenen Formen in ihrem frühesten Auftreten eine grosse Verwandtschaft mit den Araceenblüthen, wenn nicht denselben Organismus zeigen. Leider muss auf jede eingehendere Charakterisirung, auch nur des Habitus der vielgestaltigen Pflanzenfamilie der Araceen, an dieser Stelle verzichtet werden.[31] Der Hinweis auf einige bekannten Vertreter: das Arum maculatum unserer

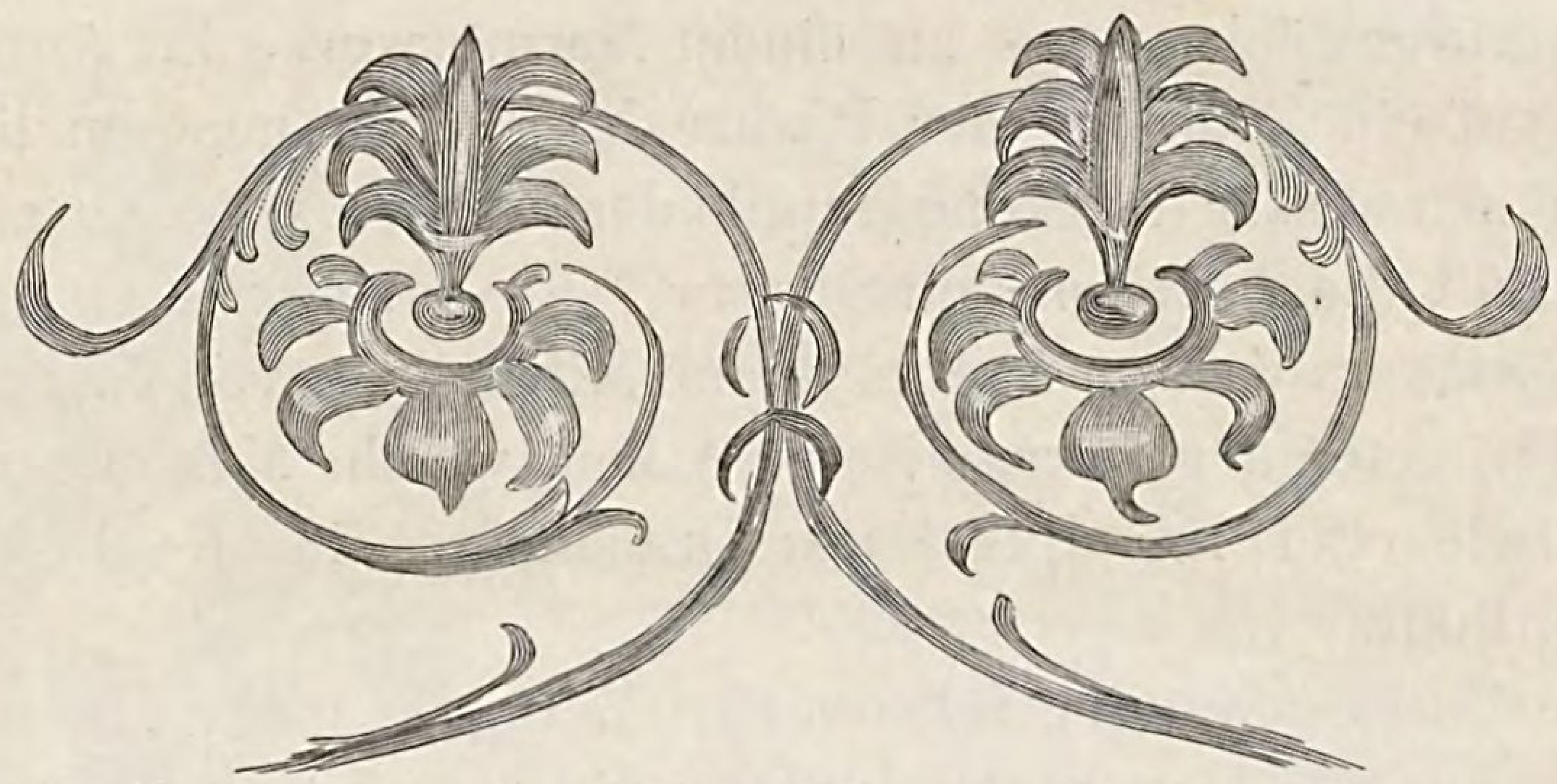


Fig. 14. Pompeji. Reg. VI. Ins. VIII. n. 23. F. Knochenhauer gez.

feuchten Wälder, die Calla palustris unserer Sümpfe, die beliebte, gewöhnlich Calla genannte Zimmerpflanze Richardia africana, möge genügen, um eine Vorstellung von der Blüthenanordnung zu geben, in welcher die um einen Kolben gruppirten Einzelblüthen von einer meist auffallend gefärbten Blattscheide unten umhüllt werden. Obwohl nun die hoch entwickelte Cultur der Zeit, aus welcher die ersten ornamentalen Darstellungen constatirt werden können, eine frische, die umgebenden Naturerscheinungen würdigende Anschauung der Künstler gegenüber traditionellen und überkommenen Vorstellungen voraussetzen lässt, lehren doch andere Beispiele, wie sehr die unmittelbaren Beziehungen der Pflanzenwelt zum Menschen, der Nutzen oder Schaden der einzelnen Pflanze in die Wagschaale fallen, um sein eigentliches Interesse zu erregen.

In der That finden wir, dass die angebauten Knollen mancher Species der Pflanzenfamilie, der Colocasien und Alocasien, in weiten Ländergebieten, namentlich in Asien, seit uralter Zeit als Nahrungsmittel[32] dienen; allein der Einfluss dieser Culturpflanzen lässt sich nicht bis auf die kleinen Gebiete Italiens, Griechenlands und Kleinasiens verfolgen. Dagegen wurden auch hier andere Araceen sowohl zu Nahrungszwecken wie als Heilmittel verwendet.[33] Theophrast[34] berichtet: »die Wurzel des Arum und dessen Blätter sind essbar, wenn sie in Essig gekocht sind . . .« Dioscorides[35] spricht ausführlich über die Drachenwurz (Dracunculus) mit dem zwei Ellen hohen wie ein Drache purpurgefleckten Stamm, den einander umfassenden Blättern, der heilkräftigen Wurzel etc.; »auch soll derjenige nicht von einer Viper gebissen werden, der sich mit dem Samen der Pflanze die Hände gerieben oder die Wurzel in der Tasche hat.« Plinius,[36] Galenus, Plutarch wissen Ähnliches zu erzählen, kurz die alte Literatur über die hier in Betracht kommenden Pflanzen ist umfangreich zu nennen gegenüber den spärlichen Nachrichten, welche z. B. über den Akanthus sich finden. Vielleicht weist auch das Vorkommen von

Araceenblüthen in inniger Verbindung mit Wein, Ähren, Öl, Granaten, — lauter Culturgewächsen, — an einem Marmorwerke im Antikencabinet zu Dresden auf eine Nutzung der Pflanze hin.[37] Von neueren literarischen Quellen kommen ausser der Monographie der Araceen von Engler[38] namentlich in Betracht die Arbeiten von Schott,[39] Fraas, von Heldreich, Parlatore u. a. Besonders wichtig erscheint eine Mittheilung von Julius Schmidt,[40] ehemaligem Director der Sternwarte zu Athen, welche Messungen besonders stattlich entwickelter Exemplare des Dracunculus im Kephissosthale bei Chalandri enthält.

Nähere Untersuchungen führten den Verfasser mehr und mehr dahin, dem Dracunculus die Hauptanregung für die betreffende Ornamentbildung zuzuschreiben. Die auffallende Erscheinung der oft riesenhaft entwickelten, schönen, wenn auch übelduftenden Pflanze konnte griechischen Künstlern nicht entgehen. Vor Allem beweisend erscheint die anderen Araceen weniger eigenthümliche Faltung der Blüthenscheide, welche am bezeichnendsten Parlatore mit »ondeggiato-increspato« beschreibt, und die wir in den Ornamenten wiedererkennen.

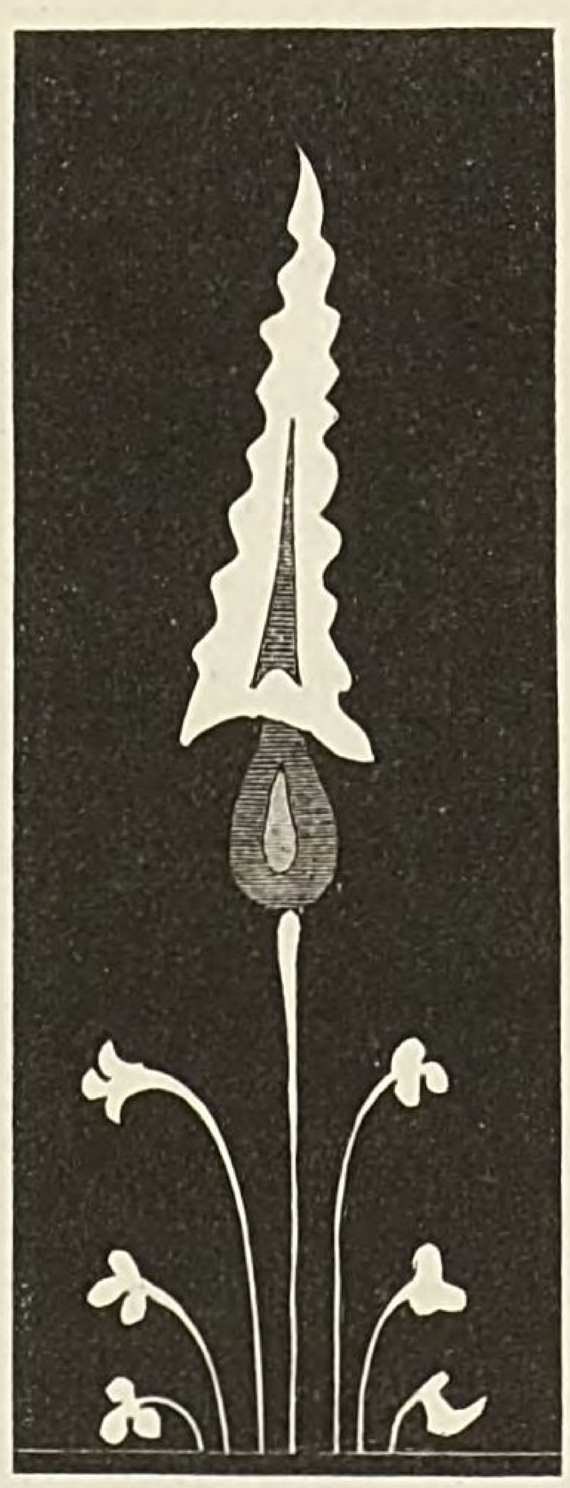


Fig. 17. Von einer Vase aus Ruvo (Neapel Nr. 675). Nach Mon. dell Ist. IX. 32.



Fig. 15. Blüthe v. Dracunculus vulgaris vor der Entfaltung n. d. Nat. gez. v. Verf.

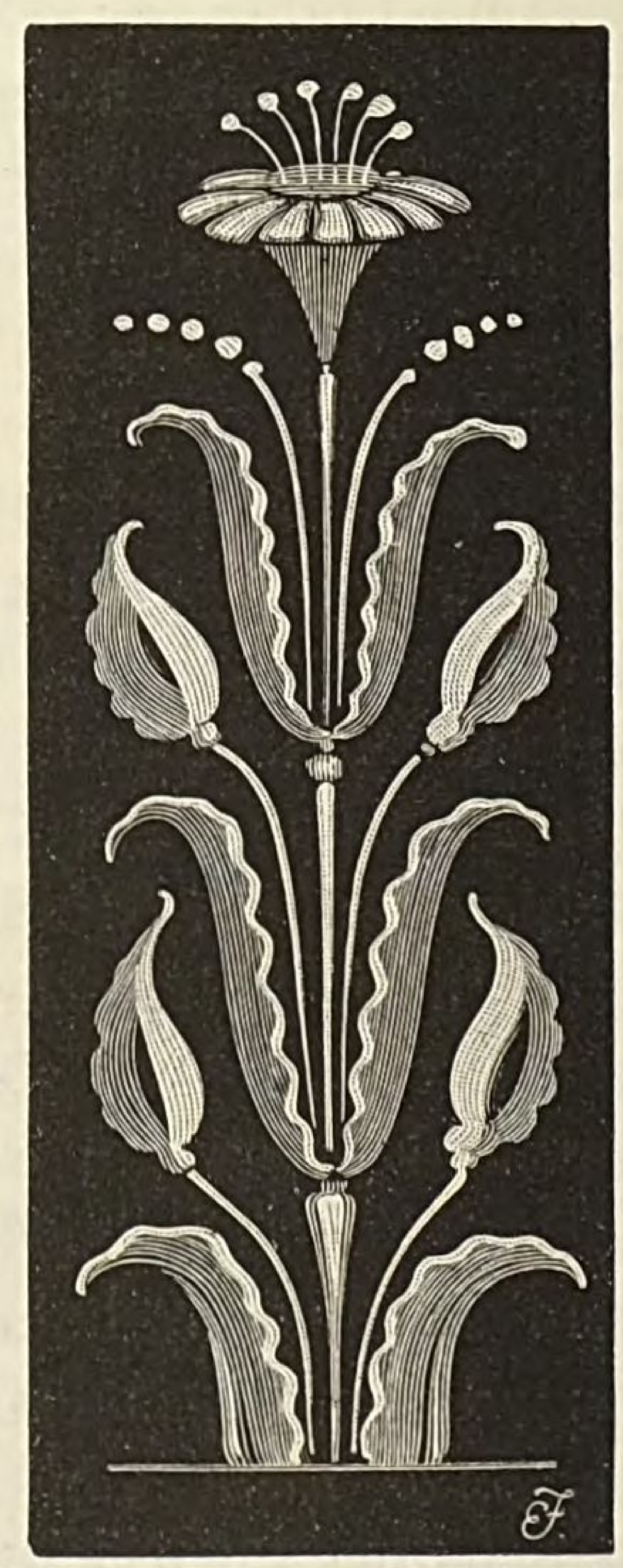


Fig. 16. Von einer Vase im Mus. zu Turin. Zeichn. d. Verf.

Freilich geben die botanischen Abbildungen meist kein ausführliches Bild der Erscheinung. Sagt doch schon Plinius:[41] »aber auch die Ab-

bildung trügt und das verschiedene Geschick der Zeichner entstellt bei den so zahlreichen Farben, besonders, wenn der Natur nachgeeifert werden muss, Vieles. Ausserdem will es wenig heissen, die Pflanzen in einem einzelnen Abschnitte ihres Alters abzubilden, da der viermalige Wechsel des Jahres ihr Aussehen ändert.« — Erst als mir das Glück zu Theil wurde, den Fremdlingen aus dem Ilissusthale im märkischen Sande einige wenige Blüthen zu entlocken und deren Entfaltung zu beobachten (vergl. die beigegebene Tafel II und Holzschnitt Fig. 15), erklärten sich die ausgebuchteten Contouren und die später weit getriebene Gliederung des Ornaments durch die Übersetzung der vom Auge aufgenommenen plastischen Form in das Relief oder die Malerei. Den Knospenzustand, in welchem die noch theilweise eingerollte Spatha nur einen gefalteten Rand zeigt, repräsentiren viele Bildungen auf den apulischen Gefässen (Fig. 16).[42] Beachtenswerth sind ferner Darstellungen der Blüthe, meist mit vernachlässigten Blättern als Vordergrundstaffage auf den Bildern jener Vasen (Fig. 17).[43]



Fig. 18. Junges Laub von Dracunculus vulgaris n. d. Nat. gez. v. Verf.

Hatte aber schon die Blüthe Veranlassung zum Entstehen einer Ornamentform gegeben, so wurde für die Weiterentwickelung derselben das Laubblatt derselben Pflanze von besonderer Bedeutung. Dasselbe ist abweichend von der Gestalt der einfachen spitzen Blätter der meisten übrigen europäischen Araceen getheilt (Fig. 18). Parlatore giebt direct an: »Lamina della foglia e divisa in quindici lacinie«. Erinnern wir uns auch der Bemerkung des Dioscorides: »die Blätter umfassen einander«, so werden wir unmittelbar auf die eigenthümlichen, bisher für stark stylisirte perspectivische Darstellungen von runden Blüthen-

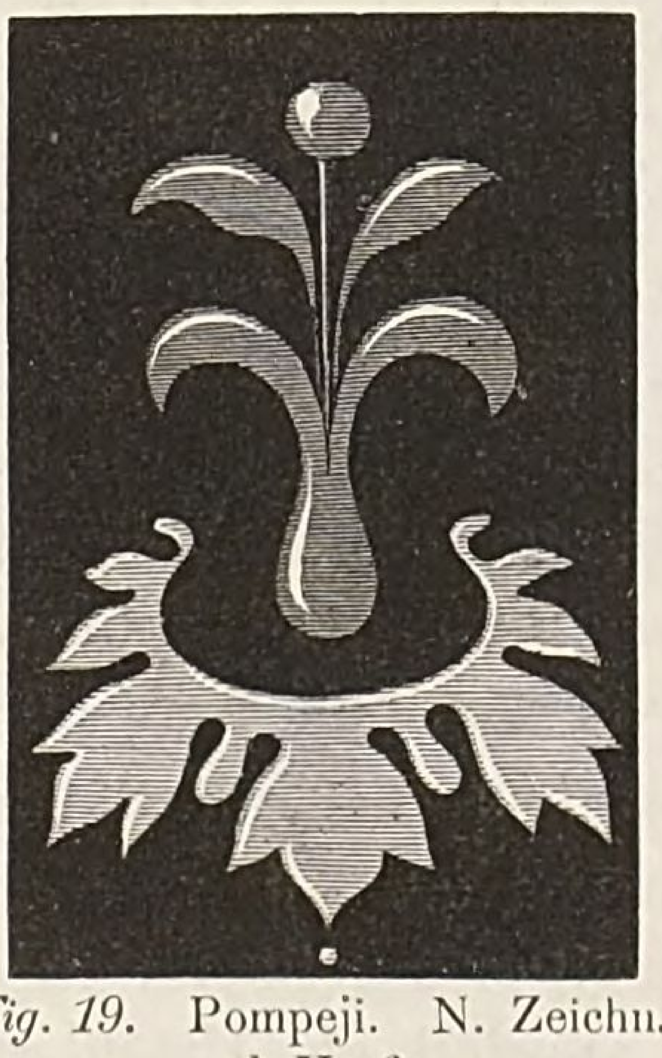


Fig. 19. Pompeji. N. Zeichn. d. Verf.

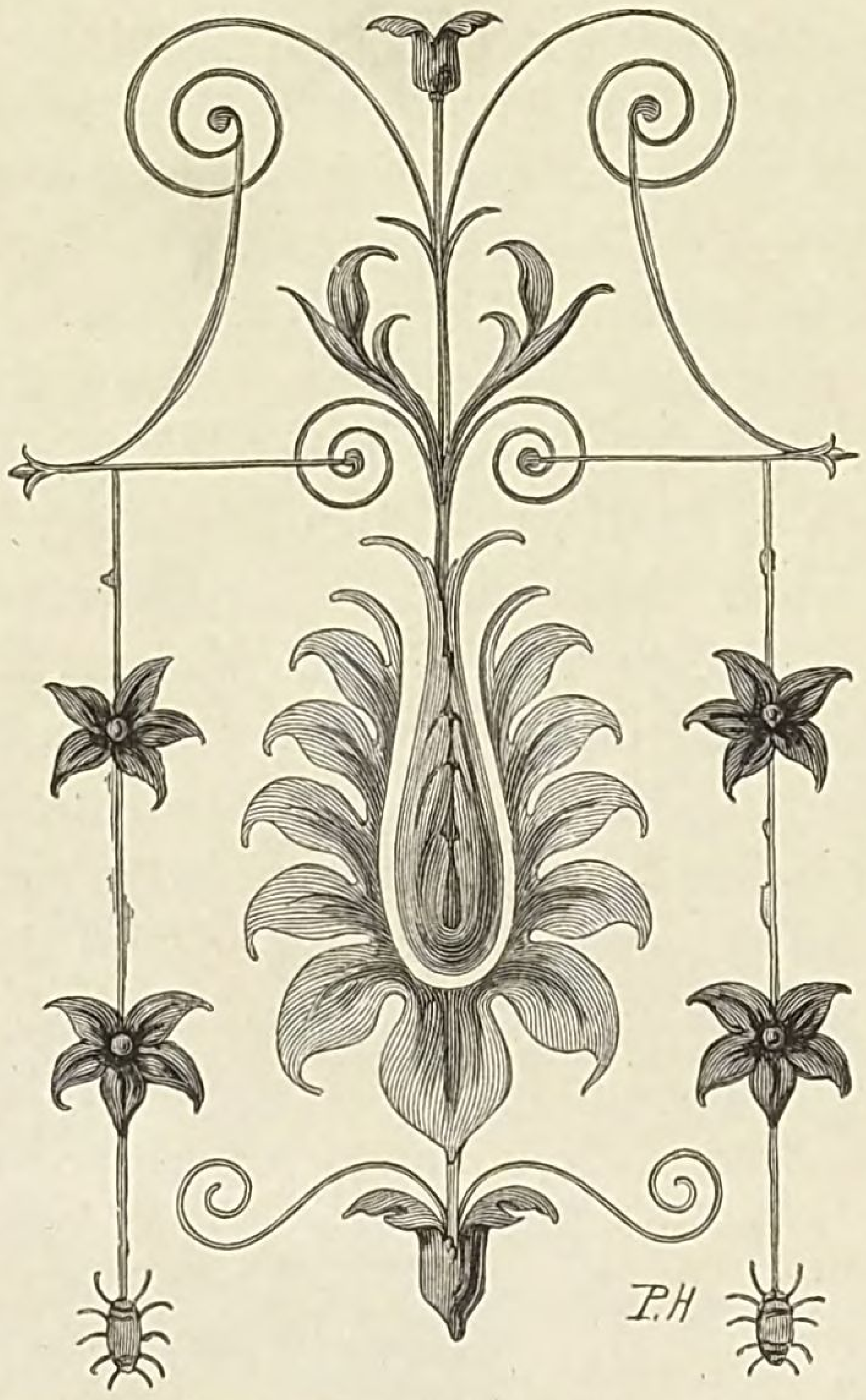


Fig. 20. Antikes Mosaik i. d. Villa Albani z. Rom. N. Z. v. P. Hesse.

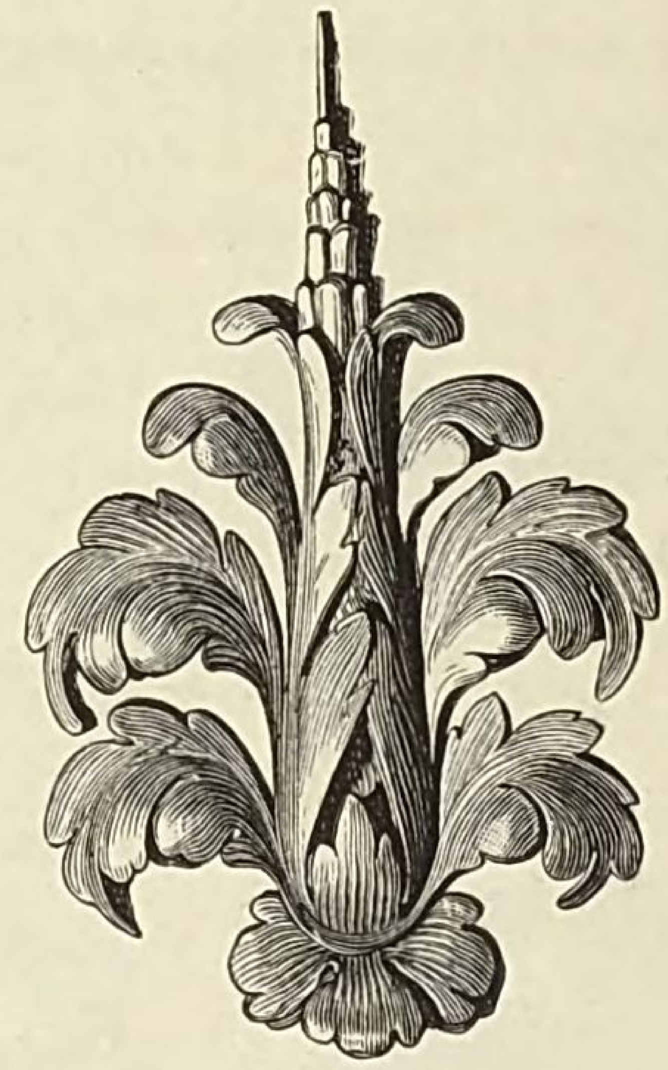


Fig. 22. Perugia. S. Pietro. Holzschnitzerei. Nach Photogr.



Fig. 21. Pompeji. Nach Zahn.

bildungen gehaltenen Ornamente auf den pompejanischen Wandmalereien, namentlich in den aufsteigenden Friesen (Fig. 19), geführt.[44] Die starke Bewegung der einzelnen Blattflächen hat auch leicht die Differenzirung in akanthusartige Gliederung veranlasst. Dass dennoch Blüthenbildungen des öfteren beabsichtigt waren, wahrscheinlich nachdem der Ursprung der Form vergessen war, zeigt z. B. die Vignette auf Seite 273 nach Zahn. Indem nun aber die Blüthe des Dracunculus oder die Knospe hinter dem stengelumfassenden Blatte mit den höher strebenden Endzipfeln entwickelt wurde (Holzschnitt Fig. 20 und 21), näherte sich diese Combination, der wir z. B. in den Malereien der Thermen des Titus viel begegnen, wieder den plastischen Gestaltungen der einfachen Blüthe in den römischen Reliefs, mit denen sie dann verschmolz. Gewissenhafte Bildhauer der Antike (wie der Renaissance), denen die weitgediehene Metamorphose des Organismus der Form räthselhaft erschien, haben letztere verständlicher ausbilden wollen und sie in ein zweigespaltenes, den Blüthenkolben vorn zudeckendes Akanthusblatt verwandelt (Fig. 22).

Die Beziehungen des Dracunculus zur Ornamentform haben sich sonach als ausgiebig genug erwiesen, um diesen speciell als Urbild und

Ausgangspunkt der Entwickelung derselben erscheinen zu lassen, wenn auch die übrigen Araceen Griechenlands und Italiens nicht ohne Einfluss darauf geblieben sein mögen.

II.

Haben wir bei Betrachtung der Kunstformen der griechischen und römischen Antike gewisse Standorte, wie der Botaniker sich ausdrücken würde, constatiren und ausserdem die zeitlichen Entwickelungsphasen innerhalb gewisser Grenzen verfolgen können, so versagen nach beiden Richtungen die durch Handel und Verkehr in weit entfernte Länder getragenen Werke der arabisch-maurischen Kunstindustrie noch nähere Aufschlüsse. Nur aus der Form und aus der Technik wird man Beziehungen der einzelnen Compositionen zu einander herauslesen können, um so mehr, als durch die langsame Entwickelung, ja die zum Theil Jahrhunderte lange Constanz bestimmter Typen allmählig nebeneinander erscheint, was ursprünglich zeitlich aufeinander folgte. So wird man nicht zu weit fehlen, wenn man die zwischen den differenzirteren Bildungen auftretenden einfachen als Typen früherer Entwickelungsstadien ansieht. Solche einfacheren Formen treten ausser in den Geweben uns u. a. noch in maurischen Stuckornamenten Kairos (Fig. 23) und der Alhambra, den glasirten Thonfliesen östlicher Provenienz (Fig. 24), auf Metallarbeiten etc. entgegen.

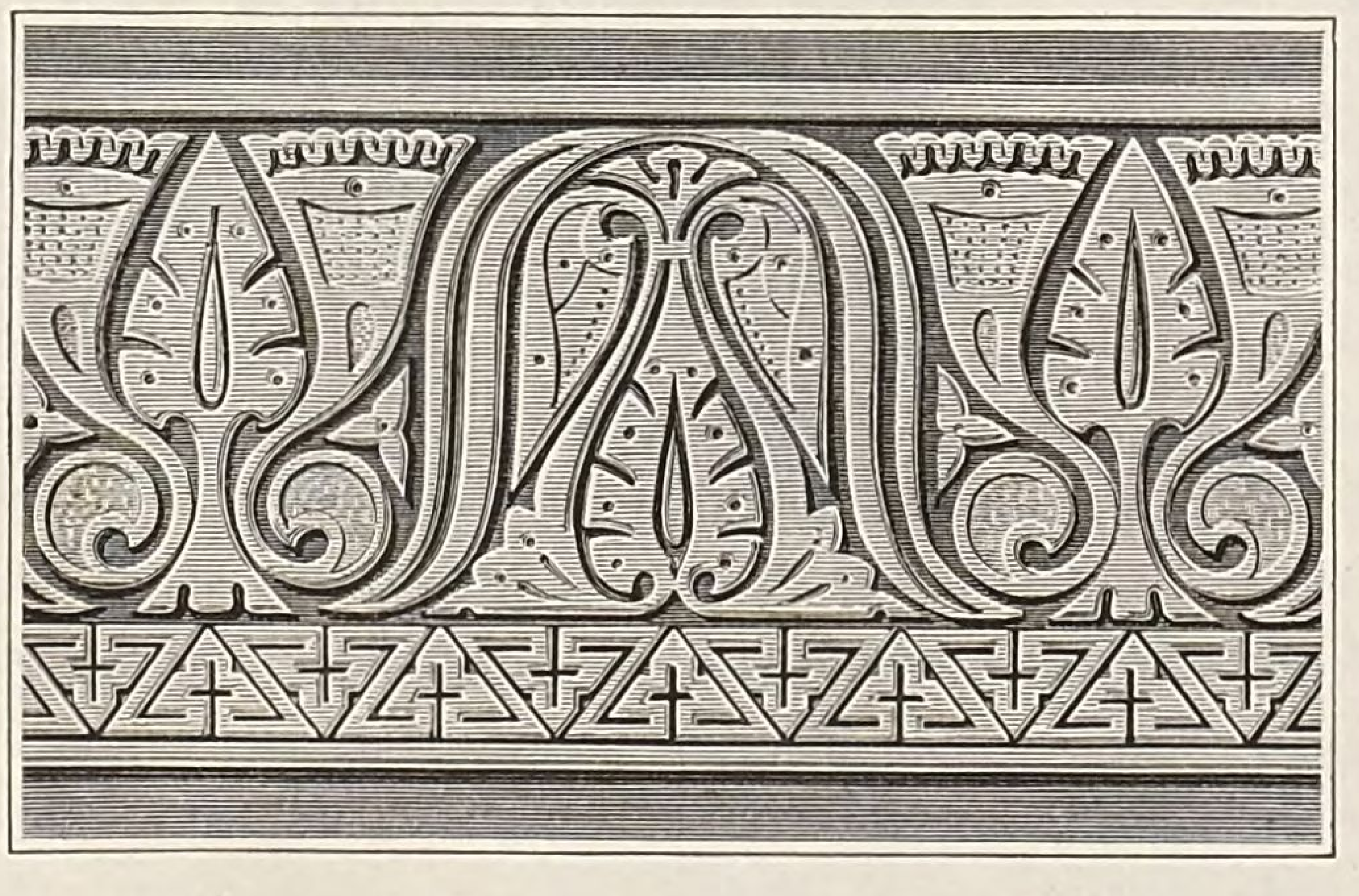


Fig. 23. Stuckornament aus der Moschee Ibbn Tolun zu Kairo. Nach Hessemer.

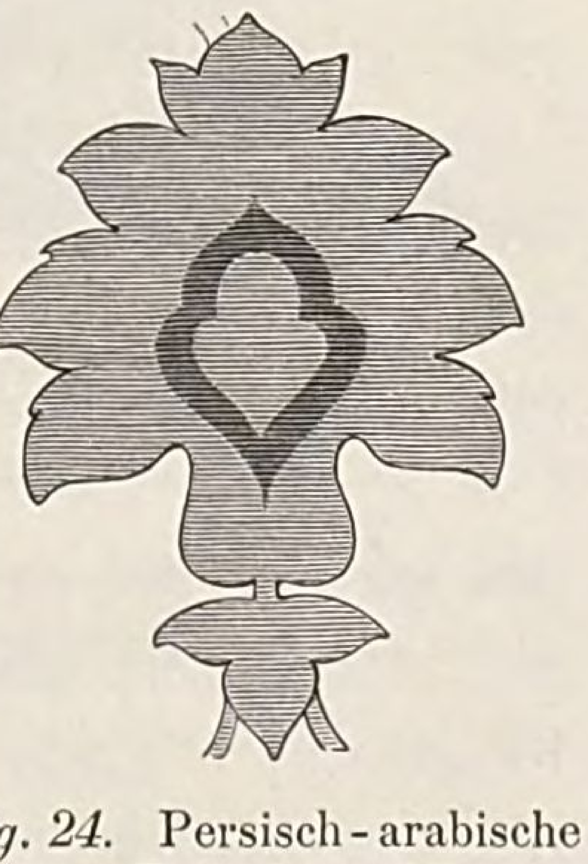


Fig. 24. Persisch-arabische Fliese, Kgl. Gew. Museum Berlin. N. Z. v. Schmalz.

Schlechte Nachahmer der Natur, haben die Araber das bereits stylisirte Pflanzenornament griechischen, römischen, persischen, ja chinesischen Vorbildern entlehnt, es aber noch weiter denaturalisirt, damit sie es den

ihnen eigenthümlichen geometrischen Flächenornamenten harmonischer anschliessen konnten.

Erst als europäische Fabrikationsorte neue Ausgangspunkte für die Verbreitung der Prachtgewebe bildeten, bemerken wir schnellere Entwickelung und verschiedenartigere Gestaltung der traditionellen Formen des Ostens.

Sehen wir uns das Hauptmotiv des Musters nun näher an. Das grosse Hauptblatt bildet der Spatha entsprechend den Hintergrund, auf welchem sich die Blüthe oder Frucht entwickelt. In unendlicher Mannigfaltigkeit finden wir den Blattrand gegliedert, ausgebuchtet, umgefaltet (Fig. 25), ja zum Ausgangspunkt kleiner Organismen, Blüthen etc. umgeschaffen (Fig. 26), in welchem Falle dann die Umrisslinie des Blattes in einer

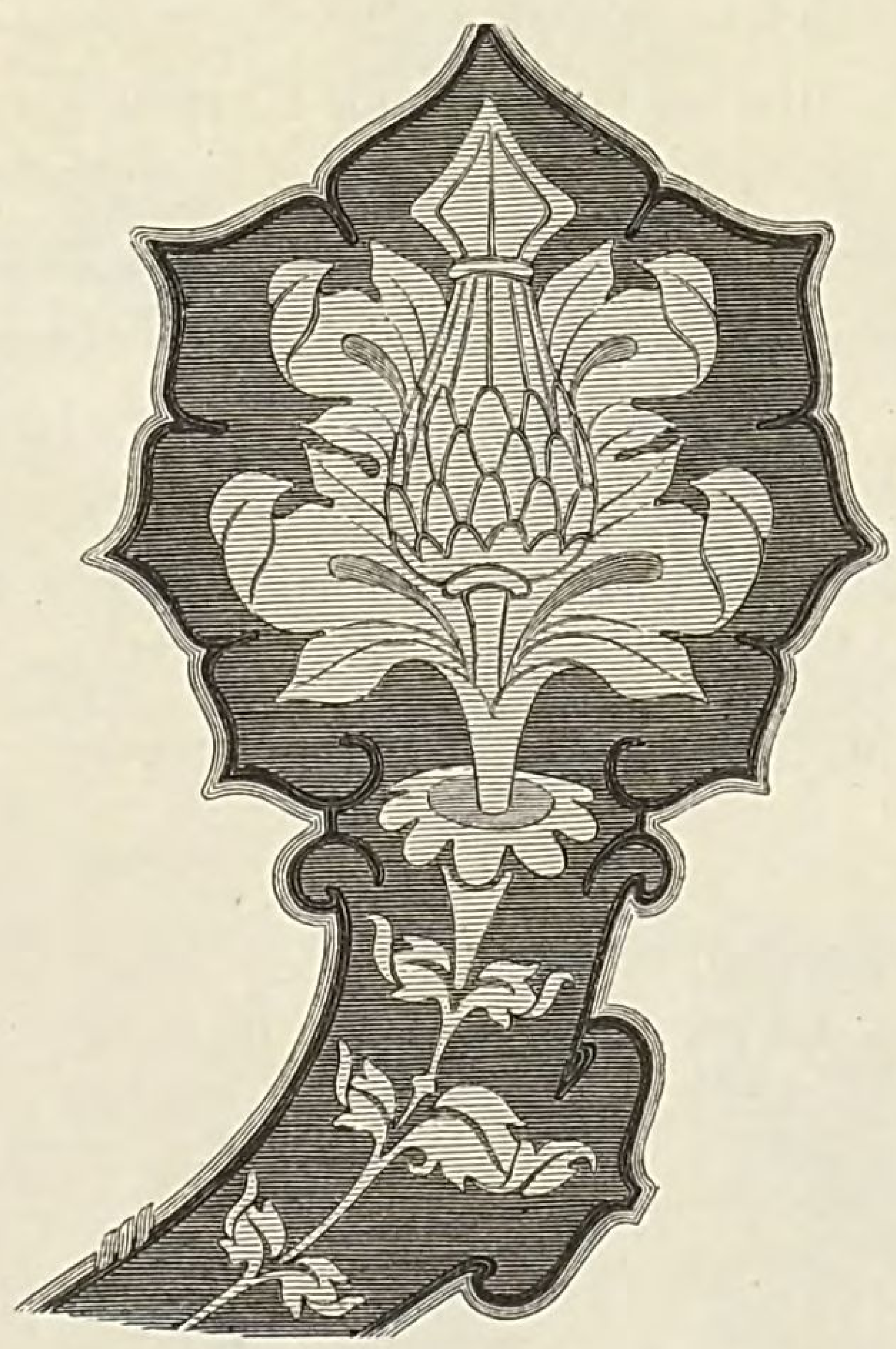


Fig. 25. Mittelalterlicher Stoff. Nach C. BÖTTICHER. In Vorb. f. Fabrikanten u. Handwerker III. 16.



Fig. 26. Mittelalterliches Stoffmuster. Nach ASMUS.

gewissen Selbstständigkeit auftritt. Die Mitte wird, wie in der Antike, gebildet durch eine zapfenförmige Blüthe oder Frucht, in den meisten Fällen durch eine reiche Distelblüthe, eine Ananasfrucht oder eine Granate. Bei der uralten, durch die Araber dem Westen näher geführten Cultur der Granate lag eine Verwendung der schönen Frucht, die ja auch in der Antike ornamental verwerthet wurde, nahe. Nur kann man dem einzigen Schriftsteller (E. SEHBA in EHDEM PASCHA's Architecture Ottomane, Flore ornamentale),[45] welcher sich bemüht, eine Genesis des Musters zu begründen, nicht beipflichten, wenn er die kleinen unscheinbaren glatten



Fig. 27. Mittelalt. Stoff. Marienk. z. Thorn. Z. d. Verf.

Laubblättchen der Granate zwingen will, das im Muster stets auftretende zackige, reiche Blattsystem, in welchem die Frucht sitzt, zu erklären (Fig. 27). Auberville[46] spricht nur seine Verwunderung darüber aus, dass der Name »Granatapfelmuster« auch für diejenigen Motive gebraucht wird, welche Nichts von einer Granate aufweisen, sondern eine Distel zeigen. Welche Distel hat denn aber diesen mächtigen Einfluss ausgeübt?

Sehen wir uns vor Allem wieder unter den Culturpflanzen um, eingedenk der Worte:

»Das Erwünschteste dem Nutzen
Sei als eure Zierde schön.«

Zunächst drängt sich die Artischocke und Cordone[47] mit den prachtvollen grossen blauen Blumen und den akanthusähnlichen Blättern auf, ja man möchte sie aus manchen Mustern späterer Zeit fast herauslesen; wenn nur auch hier der den Blüthenkorb umgebende Blattkranz (Fig. 28 und 29) sich erklären liesse. Zudem ist aber bisher die früher von Unger[48] ausgesprochene Vermuthung einer alten Cultur der Artischocke (in Ägypten) nicht bestätigt worden, auch der spätere Anbau wird als minder einflussreich hingestellt. Es werden also die Zweifel über den bestimmenden Einfluss der Artischocke auf die Kunstform verstärkt.

Erst Prof. Dr. P. Ascherson verwies mich auf eine uralte Culturpflanze der Distelgewächse, den Safflor (Carthamus tinctorius, Knekos der Alten).[49] Das Vorhandensein derselben in den ägyptischen Königsgräbern ist durch die neuesten Funde constatirt worden:[50] der Gräberfund von 1881 enthielt auf der Mumie Amenhotep I. Blumenguirlanden, in welchen Bündel der Einzelblüthen von Carthamus tinctorius eingefügt waren. Zweck der Cultur war und ist zum Theil noch heute, namentlich im Orient, die Gewinnung eines rothen Farbestoffs, Carthamin,[51] aus der Blüthe, aber auch eines Öls aus dem Samen. Semper[52] citirt eine Stelle aus einem altindischen Drama: »über den Thoren erhebt sich ein Bogen von Elfenbein und darüber wehen Flaggen mit wildem Saffran (mit welchem Namen der Safflor auch bezeichnet wird) gefärbt«. Die alten Schriftsteller behandeln ihn ebenfalls, z. B. berichtet Theophrast[53] von einer verwandten Art Carthamus leucocaulos, deren Stengel in Griechenland zum Aufwickeln des Fadens für die Gewebe benutzt wurde. — »Knekos auch und Zwiebel

zugleich mit der rothen Anchusa« verbrannte Medea als Sühnopfer auf dem Scheiterhaufen.[54]



Fig. 28. Brokatstoff aus Florenz. Nach AUBERVILLE. 39.

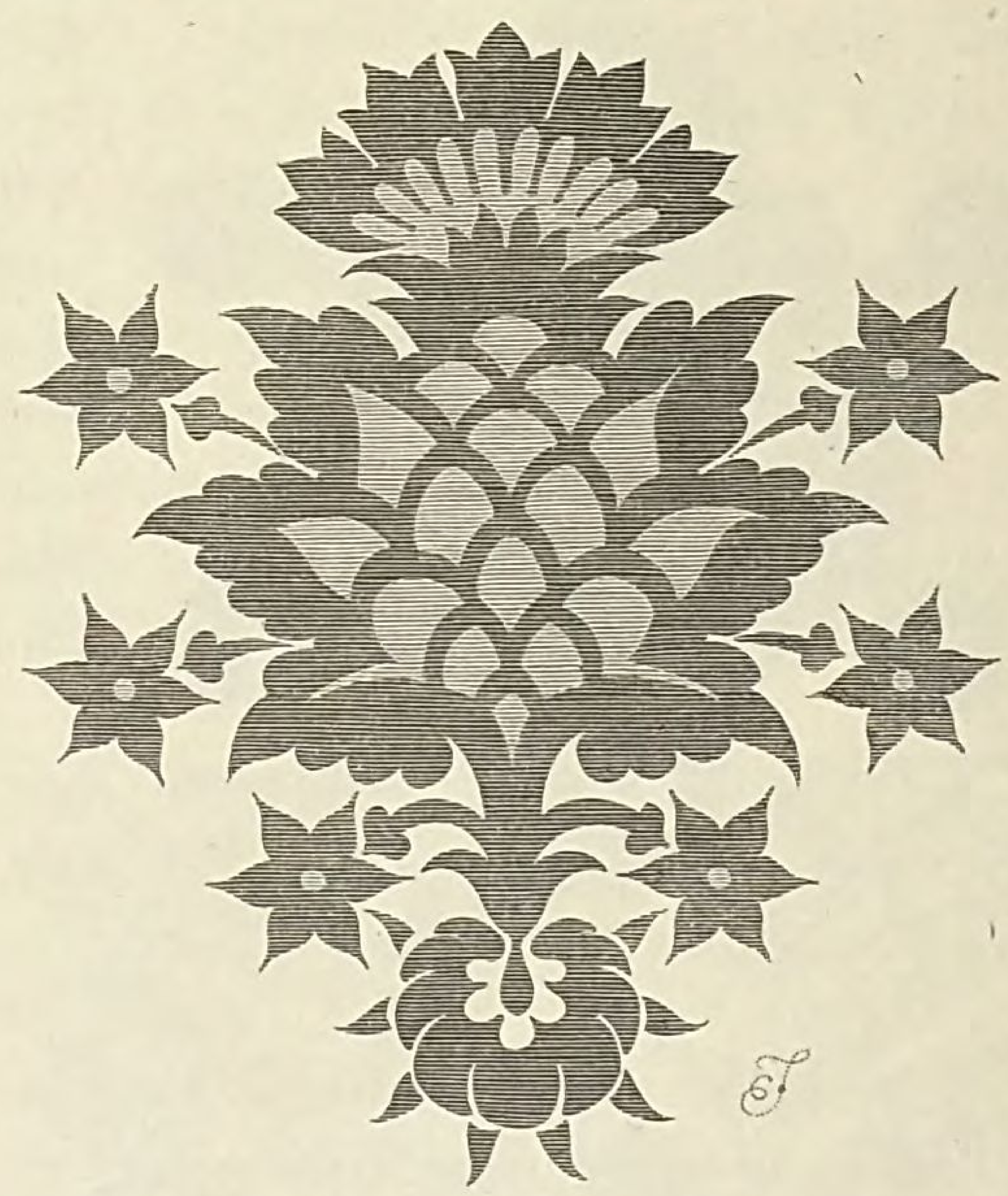


Fig. 29. Sammetstoff. Marienkirche z. Thorn. Z. d. Verf.



Fig. 30. Carthamus tinctorius nach d. Natur. $^1/_2$ d. w. Gr.



Fig. 31. Stoffmuster nach FISCHBACH.

Vor Allem kann aber das Äussere dieser hübschen gelbblühenden Färbe-Distel bei dem innigen Zusammenhange der Färberei mit der Weberei in der früheren Kunstindustrie nicht ohne Einfluss auf die Ornamentirung der Gewebe geblieben sein, und die dornigen breiten Erweiterungen der Hüllkelchblätter (Fig. 30) sind direct in den Mustern wiederzuerkennen, wo sie, stylisirt, mehr den korbähnlichen Hüllkelch umfassen und zur Formen- und Farbenentfaltung in der nunmehr dreifach gegliederten Gesammterscheinung (vergl. Fig. 26) willkommene Anregung boten. Ähnlich wie in der römischen Kunst finden wir also hier wieder eine noch weitere Differenzirung des Motivs und auch das Aufgehen in ein korbähnliches Gefäss, mit einem Candelaber, Springbrunnen oder endlich einem Blumenstrauss (Fig. 31), bis weitergehender Naturalismus einerseits und der Einfluss römischer Formen in der Renaissance[55] andererseits den Charakter verwischen (Fig. 32).



Fig. 32. Von einem Seidenstoff. Anc. Hotel de Soubise. Paris. Nach Art pour tous. IX. 247.

III.

Der Betrachtung der dritten Formengruppe kann ebenfalls nur die Analyse der Formen selber zu Grunde gelegt werden, da für diese noch mehr als für die vorhin untersuchten das unveränderte Fortleben der Ornamentbildungen innerhalb langer Zeiträume historische Anhaltepunkte verwischt hat. In allen Phasen der Ausgestaltung können wir hier die Idee der Blüthenscheide, aus welcher sich die Blüthe entwickelt, verfolgen. Aber wie verschieden tritt sie in der weitesten, fremdartig erscheinenden Umbildung (Fig. 33 und 34) und in den einfacheren Formen auf. Diese erinnern frappant sowohl an Naturformen (Fig. 35) wie an die kleineren Formen der anderen Gruppen, während jene nähere Erklärung verlangen. Ein Hauptmerkmal: die Unsymmetrie der nach einer Seite sich neigenden Blüthenscheide, das Zeichen einer feinen Naturbeobachtung in der so stark stylisirten Form, unterscheidet sie wesentlich von den früher betrachteten Bildungen. Der Blüthenkolben bleibt entweder innerhalb der Scheide (Fig. 33) oder überschneidet sie in mannigfacher Weise (Fig. 34). Die Stylisirung der Form für bestimmte Technik und verschiedene Materialien, namentlich für feine Stickereien, entfernte sie dann immer mehr von der Wiedergabe der natürlichen Blüthengestalt, indem

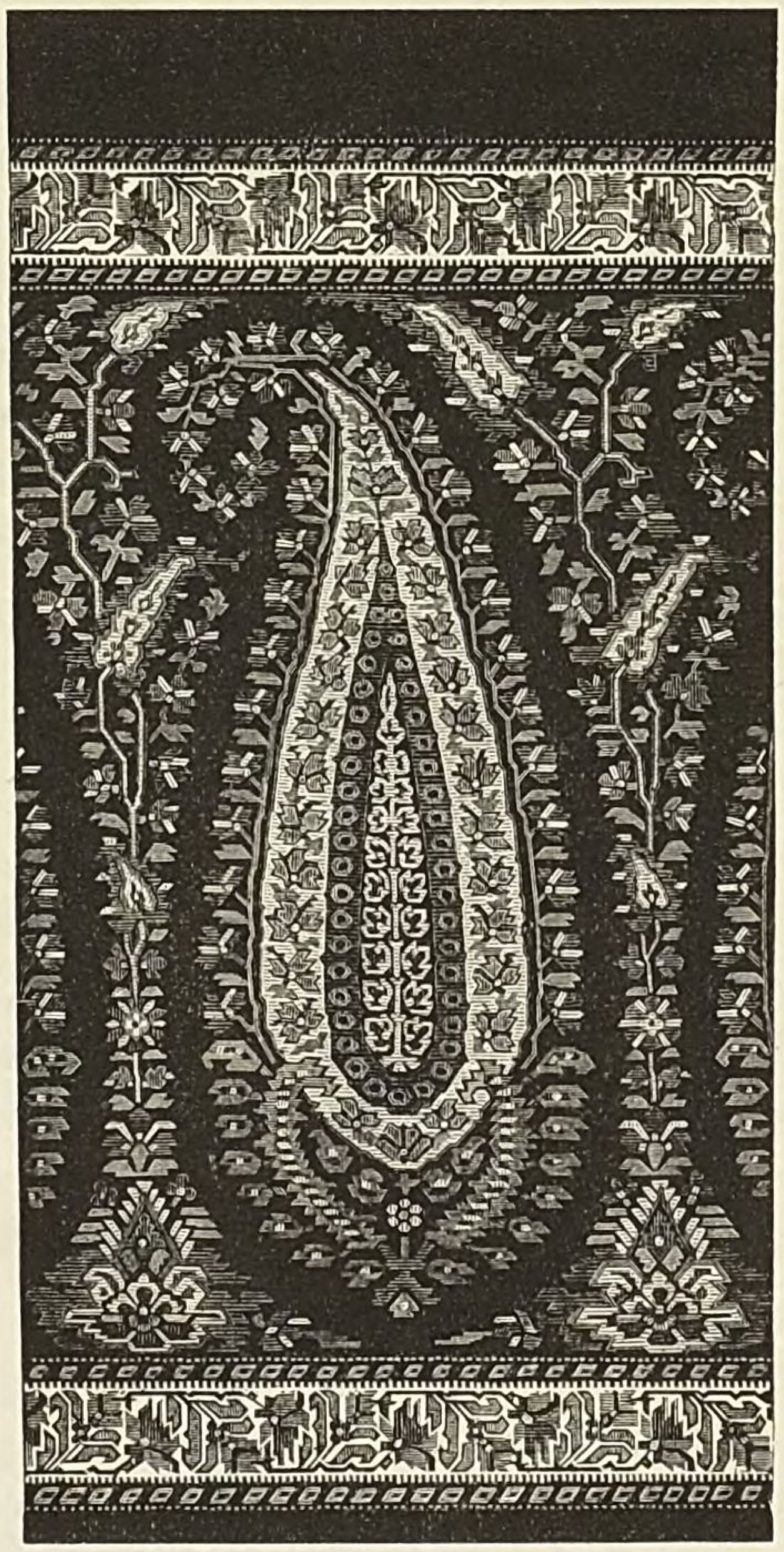


Fig. 33. Von einem modernen Baumwollenstoff.

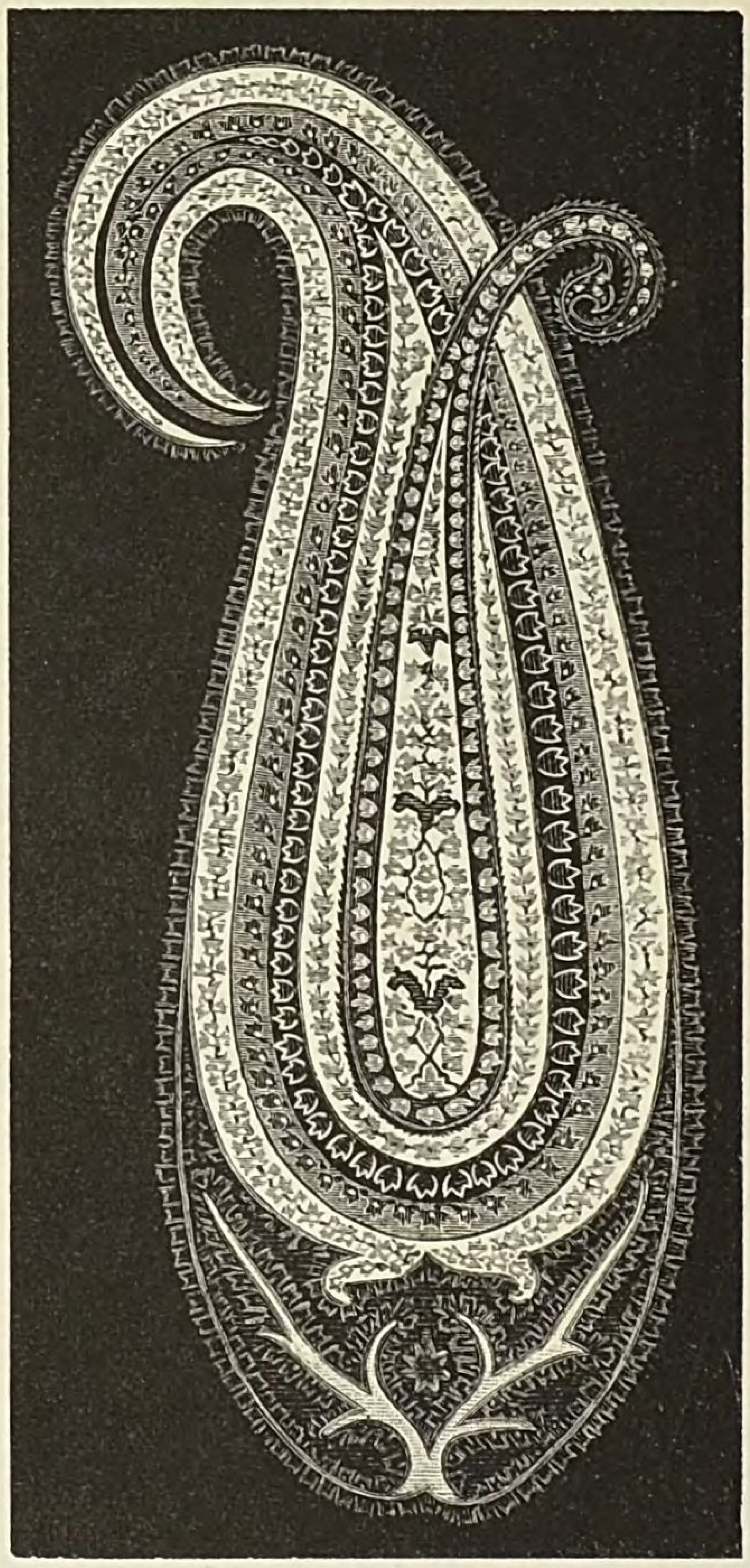


Fig. 34. Nach einem Kaschmirmuster.

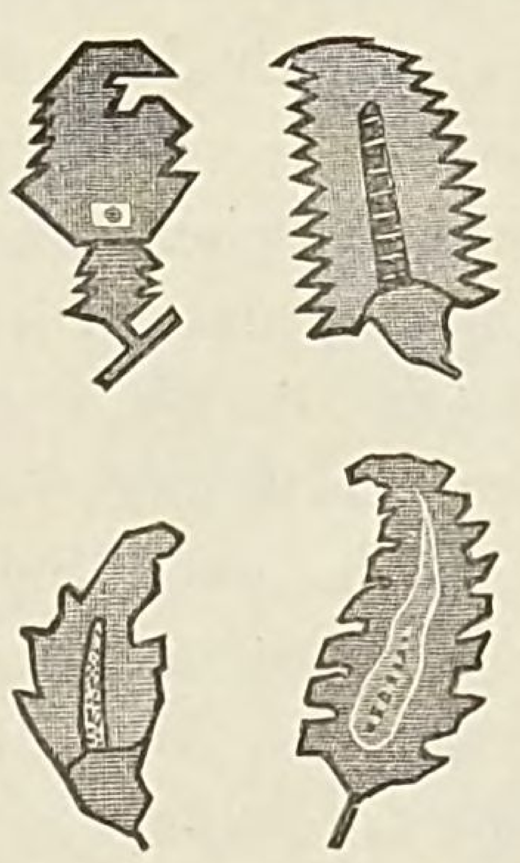


Fig. 35. Von Baumwollenstoffen n. Zeichn. d. Verf.

die einzelnen Flächen innerhalb der Contouren in selbstständiger Weise durch eine Formenwelt zweiten Grades, wenn man sich so ausdrücken darf, gegliedert wurden (ein Verfahren, dem im Orient ja auch die stylisirten Thiergestalten nicht entgangen sind — vielleicht eine Reminiscenz an die Tätowirung).[56] Des Weiteren ist aber auch die Gesammtform in unendlichen Varianten bis zu der bereits in den früher behandelten Gruppen beobachteten Ausbildung: einem Gefäss mit daraus sich erhebendem, hier einseitig übergeneigten, oft durch Vögel belebten Blumenbusch gelangt (Fig. 36).

Es finden sich die Beispiele für diese Formen in den Publicationen sehr zerstreut;[57] das Studium derselben kann nur aus Sammlungen, sowie aus modernen Reproductionen auf verschiedenen Ge-

bieten der Kunsttechnik verfolgt werden. Vor Allem bieten die Indischen und Kaschmir-Shawls, Knüpfteppiche, die gedruckten Baumwollenzeuge (selbst in ihrer europäischen Fabrication), die Lack- und Metallarbeiten Persiens und Indiens eine reiche, dem aufmerksamen Beobachter auch ergiebige Quelle.

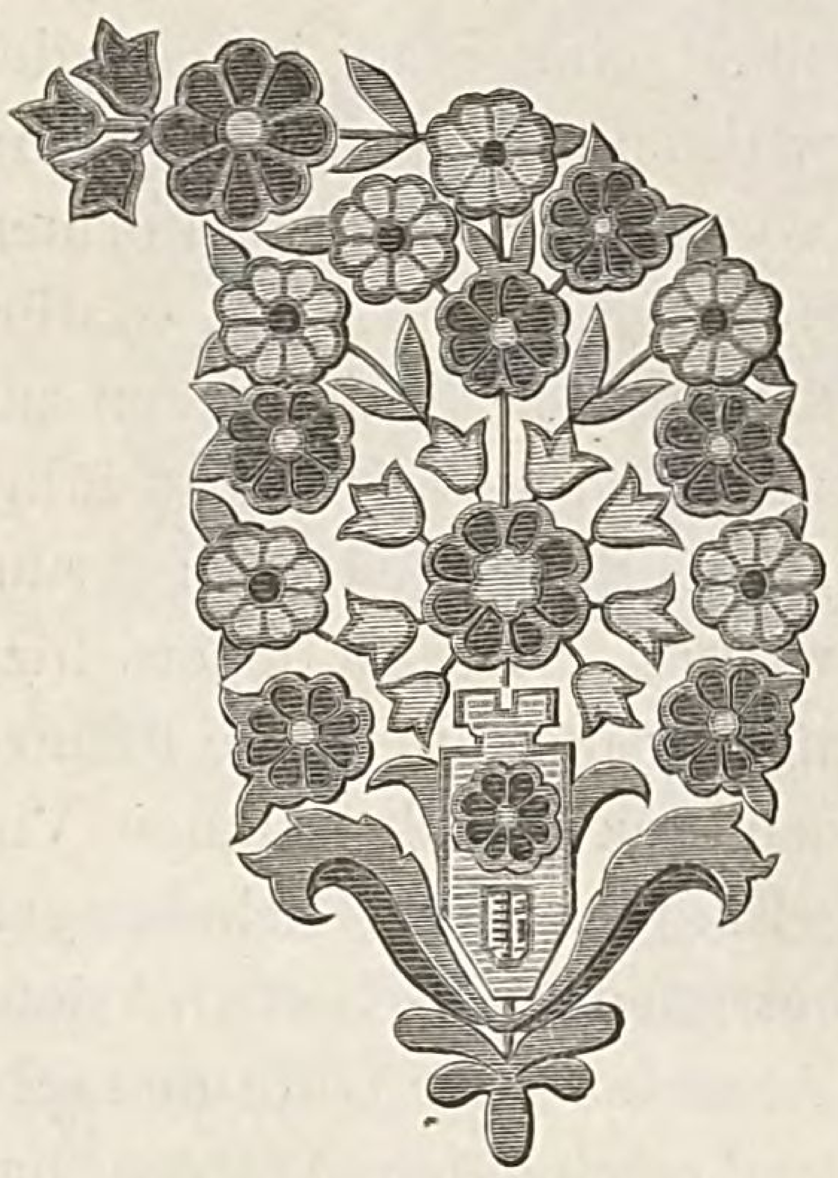


Fig. 36. Orient. Seidenstoff (Venedig). Nach Auberville.

Der Einführung dieser Handelsartikel in den Occident begegnen wir zwar schon frühe — Fig. 36 zeigt ein von Auberville mitgetheiltes Muster in Seidenstoff, welcher den Umschlag eines Ordonnanzbuches der Stadt Venedig von 1400 bildet — allein einen Einfluss werden die dem abendländischen Verständniss fremden Formen erst mit der Einführung der Fabrication bedruckter Baumwollenstoffe in Europa erlangt haben. Die erste Fabrik wurde in Richmond zu Ende des 17. Jahrhunderts eingerichtet; von dort verbreiteten sich die »Manufactures de toiles siamoises« über Rouen nach dem Elsass, namentlich nach Mülhausen.[58] Ein zweiter Weg, auf welchem sich dieses Ornament Eingang in die abendländische Cultur verschaffte, wurde erst mittels der französischen Expedition nach Ägypten eröffnet; der indische Shawl[59] wurde eingeführt, dann nahm die wichtige Fabrication ähnlicher Stoffe in Europa von Frankreich aus ihren Anfang. Ein berühmter französischer Ornamentist Couder begab sich zum Studium der Formen einige Jahre nach Indien. Seine Zeichnungen und Entwürfe werden als so schön gerühmt, dass sie sogar ihren Weg wieder zurück nahmen, um den Orientalen als Muster zu dienen. In den eingehenden Nachrichten, die Falcot über die Herstellung der Shawls in Indien mittheilt, wird leider keine nähere Definition der Bezeichnung »palme«[60] gegeben, womit überall die in Rede stehende Kunstform bezeichnet wird, obwohl kaum eine äussere Beziehung zu einer Palme oder einem Palmblatt aufzufinden ist. Eingehender hat sich der Kenner indischer Kunst Birdwood[61] mit der Frage beschäftigt. Er glaubt das Ornament bis auf die assyrische Palmette zurückführen zu können, die Beläge hierfür bedürften aber grosser Vervollständigung, wenn sie überzeugen sollen. Andere wollen die vom Winde an der Spitze übergeneigte Cypresse mit der Form in Beziehung bringen, trotz der Thatsache, dass auf allen unzweifelhaften Darstellungen der schlanken Cypresse[62] diese vertical aufgerichtet erscheint.

Vergleichen wir aber eine grössere Anzahl derartiger Formen mit einander, so werden wir wiederum dahin geführt, den Organismus der Araceenblüthen ihnen zu Grunde zu legen. Wenn man darin nicht eine Tradition aus der Antike annehmen will, so sprechen nicht allein die vielgestaltigen wunderbaren Blüthenformen asiatischer Araceen (Fig. 37 u. 38) dafür, sondern auch wiederum ihre Beziehungen zur menschlichen Cultur. Birdwood[63] selbst führt zwei der Gottheit geheiligte Species an: Arum esculentum, Rachwi und Alocasia macrorhiza mona; eine zu Arzneizwecken dienende Pflanze Scindapsus hat noch den Sanskritnamen Vustiva bewahrt.[64] Eingehendere Erhebungen über die in den betreffenden Gebieten Asiens als Nutzpflanzen, Arzneien oder Gifte menschlichem Gebrauche nahestehenden Araceen hat der in jugendlichem Alter verstorbene Assistent am Berliner botanischen Museum, der Botaniker Ruhmer für die Zwecke dieser Arbeit aufgestellt und Nachrichten über eine grosse Anzahl derartiger Pflanzen gesammelt. Wenn auch hier ein weiteres Eingehen auf die Details der Untersuchung unterbleiben muss, so möge die Anführung von einigen der in Betracht kommenden Pflanzen den hier behaupteten Zusammenhang der Kunst- und der Naturformen unterstützen.[65] Zu Nahrungszwecken dienen ausser den oben erwähnten Alocasien etc.: Amorphophallus sativus Bl., Arisaema utile Hook., Tomsonia napalensis Wall., Typhonium divaricatum Dcne., u. a.; für Arzneizwecke: Schismatoglottis calyptrata Zoll., Pothos scandens, tener, Rumphii etc.; zum Fisch- und Krebsfang: Homalonema alba Hassk.; zu einer Art Gottesgericht die scharfe Alocasia indica Schott; mit Aglaonema marantifolia Bl. werden Kinder leicht geschlagen, um schnell laufen zu lernen etc.

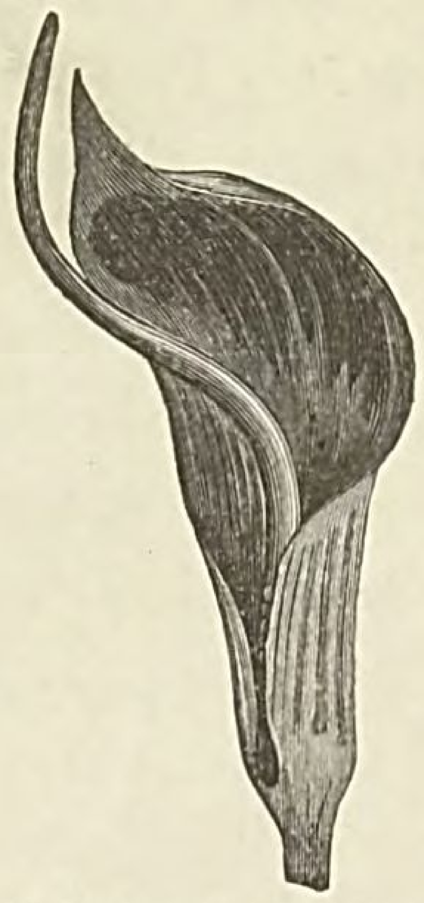


Fig. 37. Arisaema tortuosum. (Engl.) n. Curti's Bot. Mag.

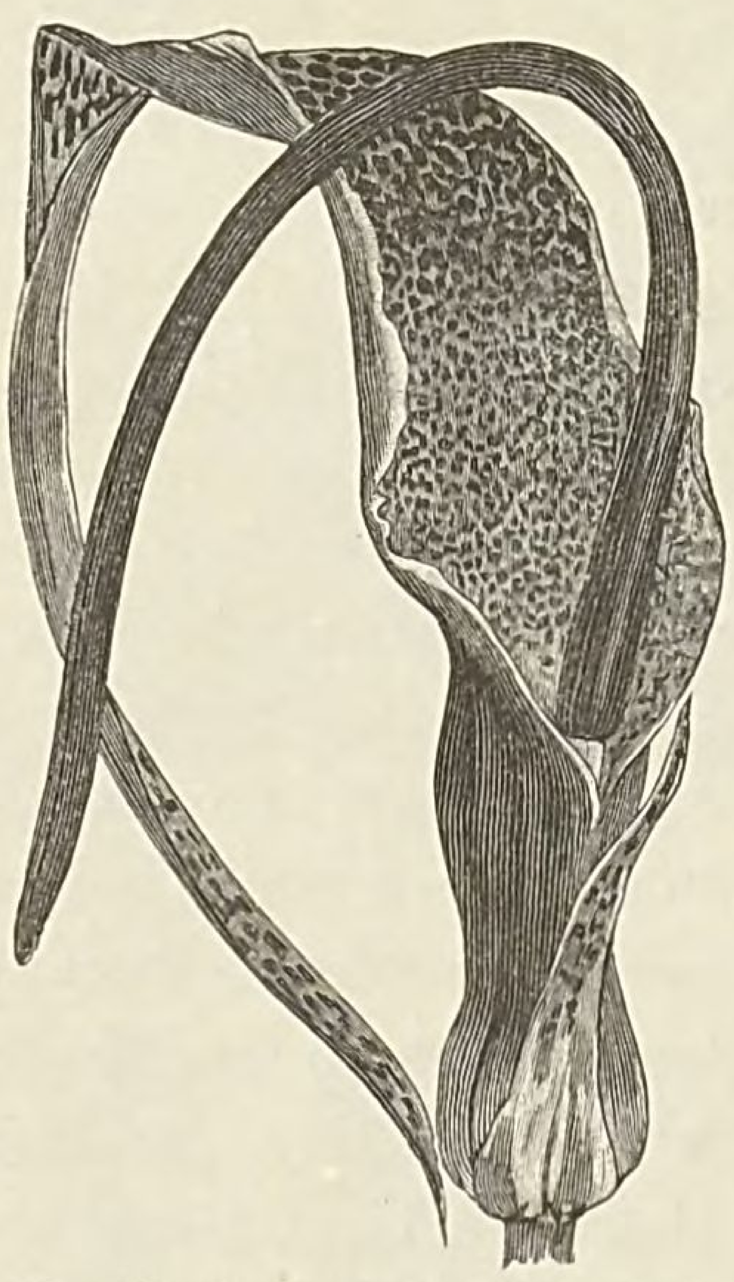


Fig. 38. Sauromatum venosum. (Engl.) n. Curti's Bot. Mag.



Initiale von Israel van Meckenen. Nach Hirt. Formenschatz 1879. 17.

Lassen wir den Blick noch einmal zurückschweifen auf die bisher betrachteten Gebilde, so finden wir, dass uns die Beschäftigung mit den machtvollen Flächenmustern des Mittelalters, die in den Geweben ihren vollkommensten Ausdruck fanden, kleinere aber doch für uns wichtige Bildungen anderer Kunstzweige derselben Epoche hat übersehen lassen. Hier finden wir in den Limousiner Emails des XII. Jahrhunderts (Fig. 39),[66] wohl über Spanien vermittelte Anklänge an orientalische Kunst, wie in Süditalien auf den Broncethüren, Mosaiken des Domes von Ravello, in Venosa[67], andererseits traditionelle byzantinische Motive in den Mosaiken von S. Marco in Venedig (Fig. 40).[68] Aber wie uns in der Blüthezeit der Ornamentik der

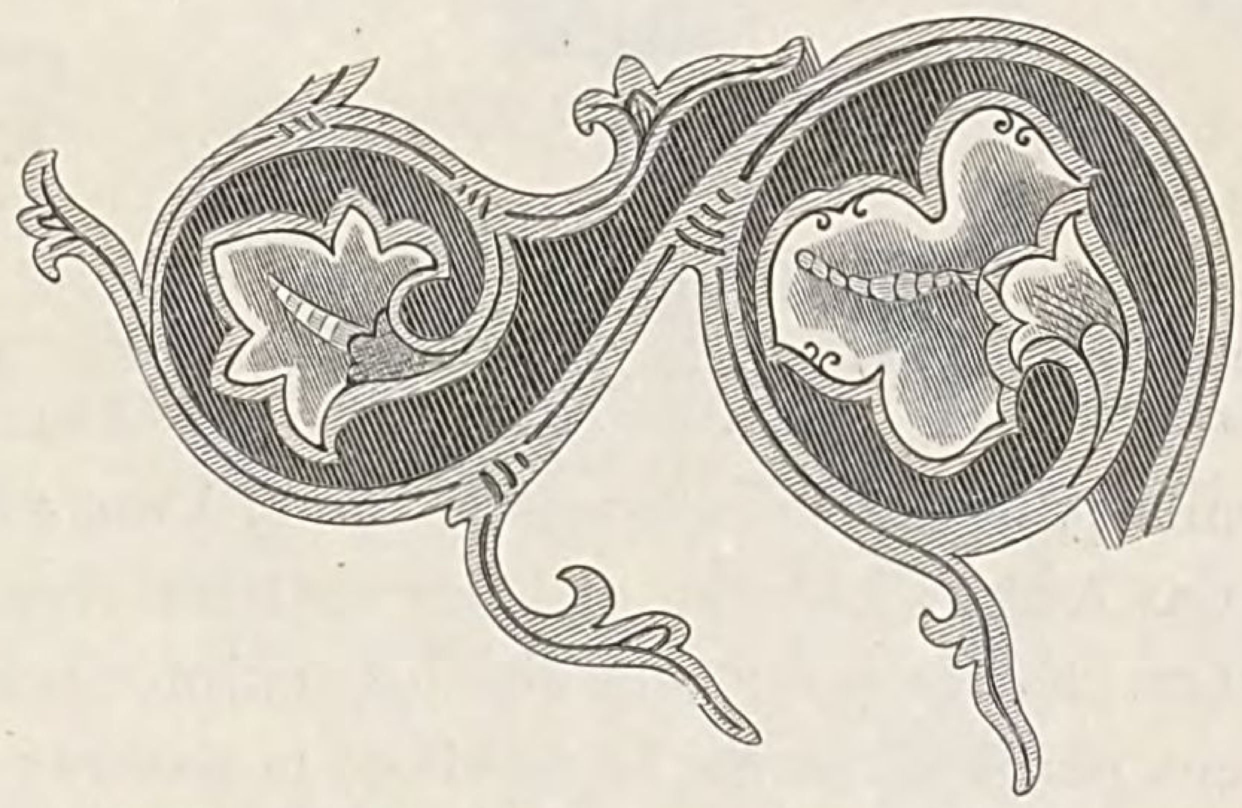


Fig. 39. Limousiner Email. Samml. des Louvre. Paris. N. Art pour tous. XVII. 437.

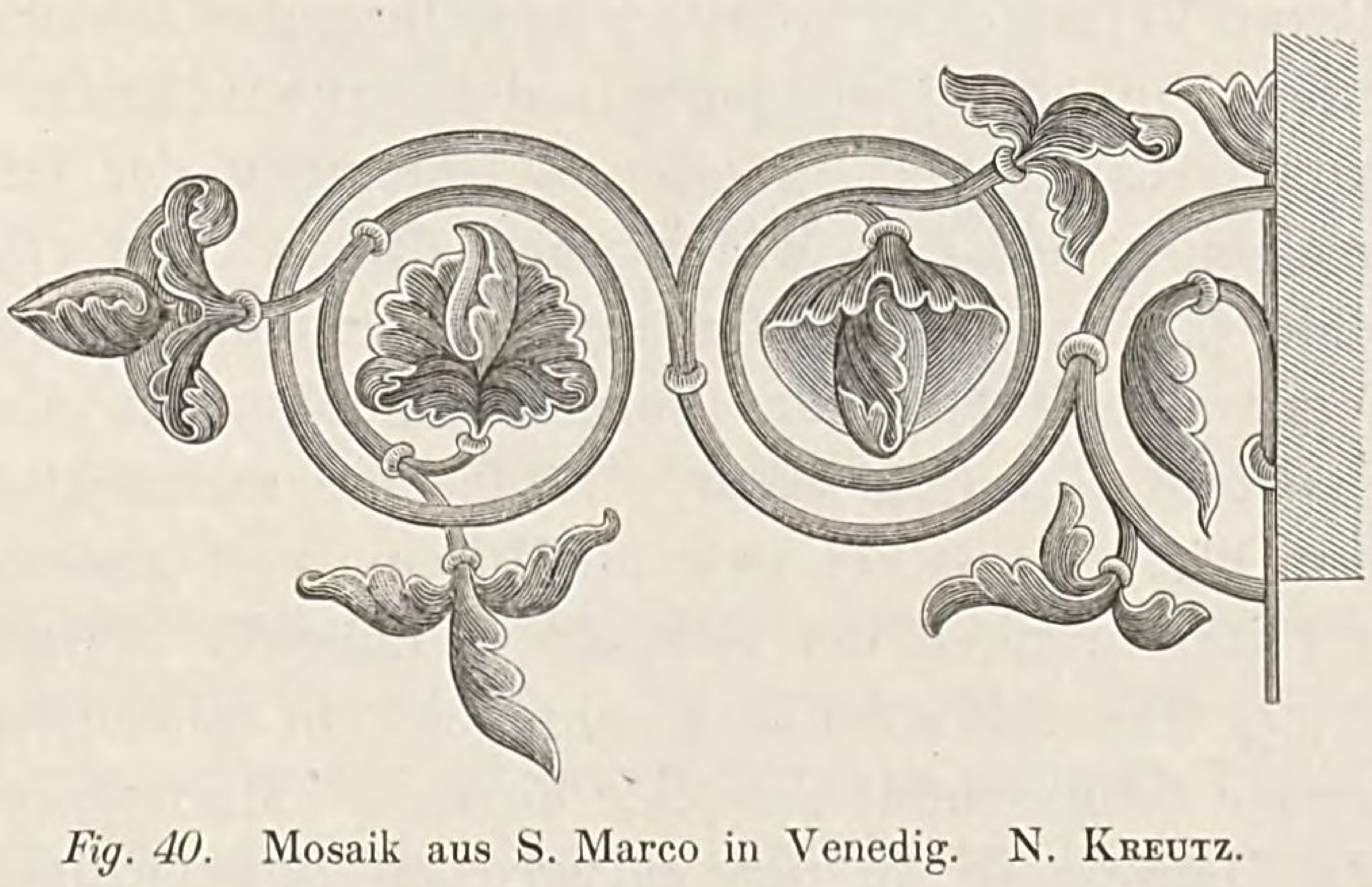


Fig. 40. Mosaik aus S. Marco in Venedig. N. Kreutz.

griechischen Kunst eine freudige Auffassung der einheimischen Naturformen entgegenleuchtet, so finden wir die ersten selbstständigeren

Äusserungen der mittelalterlichen architektonischen Ornamentik durchweht von der Liebe zu den Gewächsen der Fluren.[69] Es nimmt uns daher nicht Wunder, dass die aus dunklem Waldgebüsch glänzend roth hervorleuchtende Frucht des Arum maculatum in der ornamentalen Sculptur des 13. Jahrhunderts eine grosse Rolle spielt. Die Blüthe ist uns in einigen Nachbildungen (in der Abteikirche zu Vezelay, Fig. 41 u. 42) erhalten. Freilich hat der Künstler sich hier die Freiheit genommen, »Blumen und Früchte« zugleich darzustellen, weil zur Zeit der Fruchtreife dieses Arongewächses die bereits vertrocknete Spatha fehlt, (während

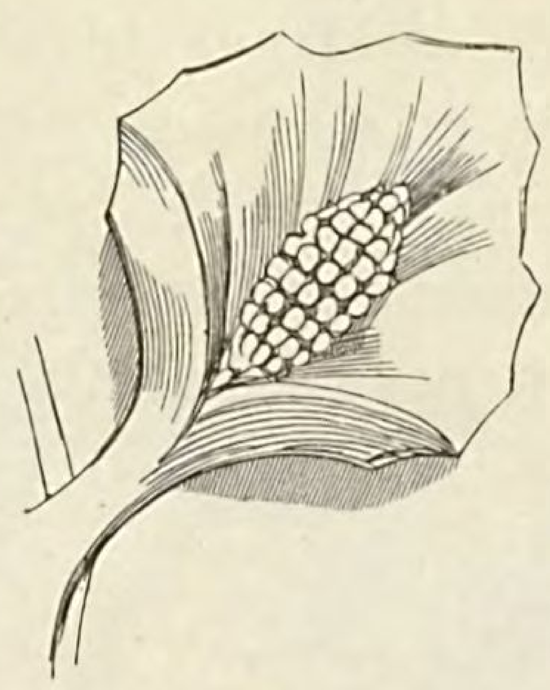


Fig. 41. Aus d. Abteikirche zu Vézelay. Nach V. LE DUC.



Fig. 43. Mittelalt. Miniaturmalerei. N. OWEN JONES. Gr. of Orn. pl. 66.

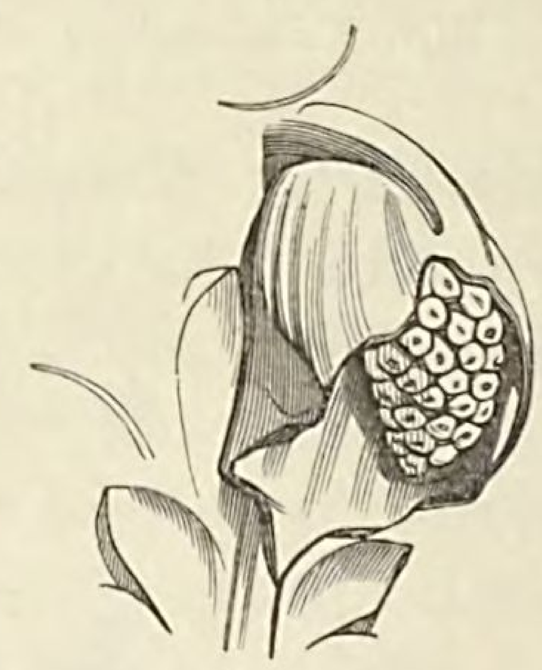


Fig. 42. Aus d. Abteikirche zu Vézelay. Nach V. LE DUC.

sie z. B. bei der calla palustris erhalten ist). Auch VIOLLET-LE-DUC sieht in diesen Beispielen das Arum: L'Arum et l'Iris sont les premiers signes du retour des beaux jours. Est ce pour cela que les sculpteurs romans paraissent avoir affectionné ces plantes comme le réveil de la nature? Faut il attacher à l'imitation des Aroïdees une idée symbolique, y voir quelque tradition antique?[70]

Im weiteren Verlaufe der Kunstentwickelung des Mittelalters verlieren sich die Spuren ähnlicher Ornamente in der Architektur. Später, wohl durch die wunderbaren und präcisen Zeichnungen der Gewebe mit beeinflusst, erscheinen auf den Miniaturen des 15. und 16. Jahrhunderts Pflanzengebilde (Fig. 43), deren Organismus dem der Araceen entspricht. Besondere Verwendung ähnlicher Formen jedoch zeigt die gleichzeitige und etwas spätere Holzarchitektur. Einfachere architektonische Theile, Stützen (wie in Fig. 44), Balken (wie im Museum zu Constanz), Krönungen (wie in den Chorschranken der Kirchen in Lübeck, Wismar, Dobberan, Danzig) (Fig. 45) sind mit solchen geschmückt; in zahlreichen kunstvollen Holzschnitzereien (sehr schöne Beispiele bietet die Marienkirche zu Lübeck) bilden sie das Hauptmotiv in den energischen Rankenzügen, und treten fast ebenso durchgebildet auf, wie sie auf Geweben (Fig. 46) und Miniaturen (s. Initial L auf S. 295) erscheinen.

Inzwischen hatte die Kunst der Renaissance begonnen, auf die römischen Traditionen zurückzugehen. Ein Beispiel zeigt der über den Anmerkungen S. 300 befindliche Fries im Museum in Berlin, auch Fig. 48. Bei der hohen Ausbildung, welche unsere Ornamentformen in jener Kunstepoche erreicht hatten, schien es kaum möglich, eine Steigerung herbeizuführen. Und dennoch finden wir unter vielen directen Copien der alten Bildungen (wichtig für uns, weil sie ein Bild der seit der Zeit verloren gegangenen Antiken aufbewahren) eine Fortentwickelung, welche auf die auch der Frührenaissance eigenthümliche Bevorzugung einheimischer und bekannter Pflanzenformen zurückzuführen ist. Aus dem Akanthusblatt wurden nach und nach Weissdorn- oder Ahornzweige (Fig. 47), welche zwar stets innerhalb des traditionellen Grundschemas gruppirt,



Fig. 45. Krönung. Marienkirche zu Danzig. N. Z. d. Verf.

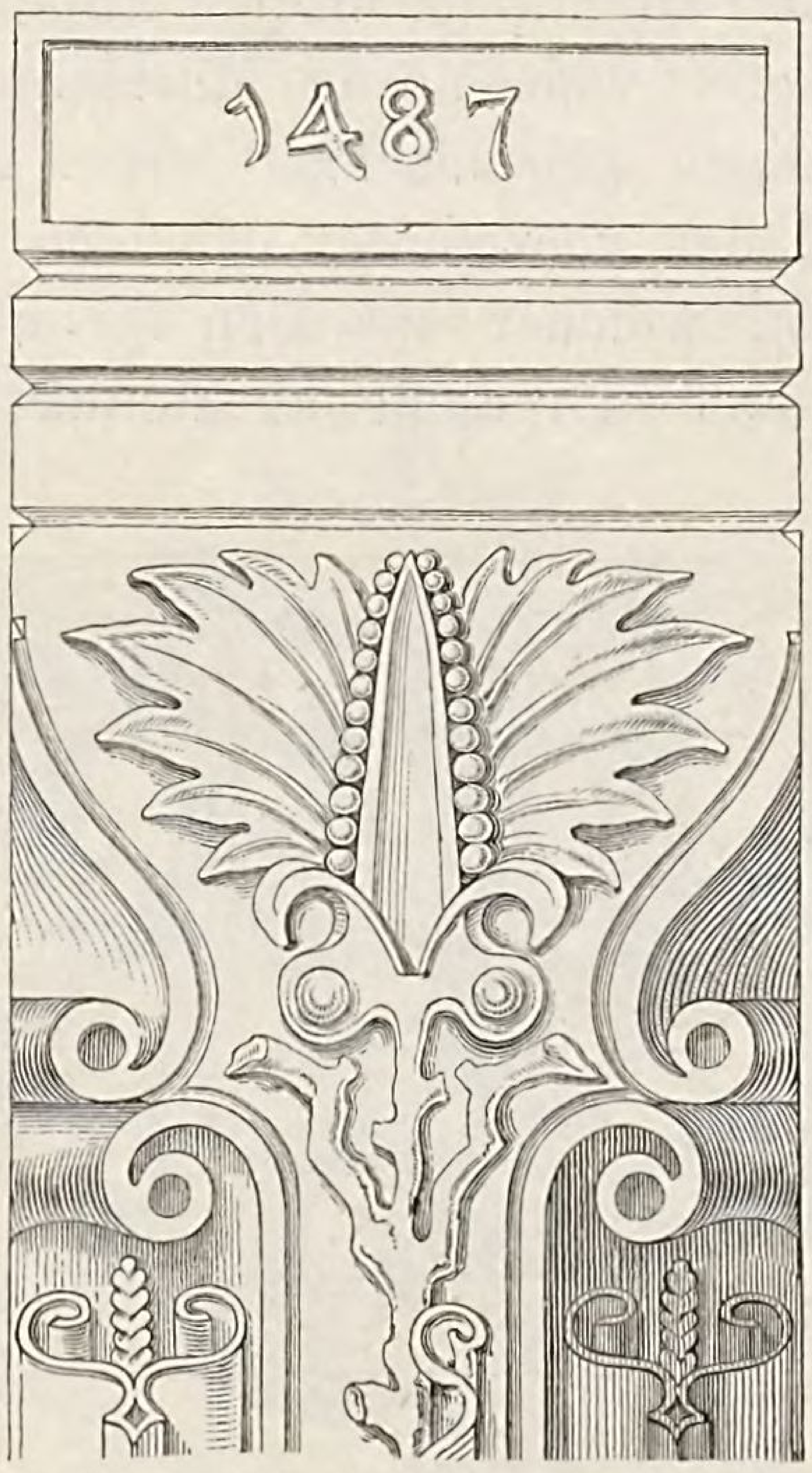


Fig. 44. Holzpfeiler in Nordhausen. Spital St. Martini. Nach C. BÖTTICHER. Holzarchitektur des Mittelalters.



Fig. 46. Von einem Messgewand im Dom zu Brandenburg. N. Z. d. Verf

doch eine lebensvollere Mannigfaltigkeit des Details gestatteten. Die Fig. 47 zeigt zufällig in einem einzigen Werke drei Metamorphosen. Die Fülle dieser für Intarsien, Metallarbeiten, Stickereien vielfach variirten, ausserdem durch orientalische Motive bereicherten Ornamente bildet eine Welt für sich und wurde erst durch die spätere trocknere Anlehnung an das römische Formenschema eingeschränkt (Fig. 49).

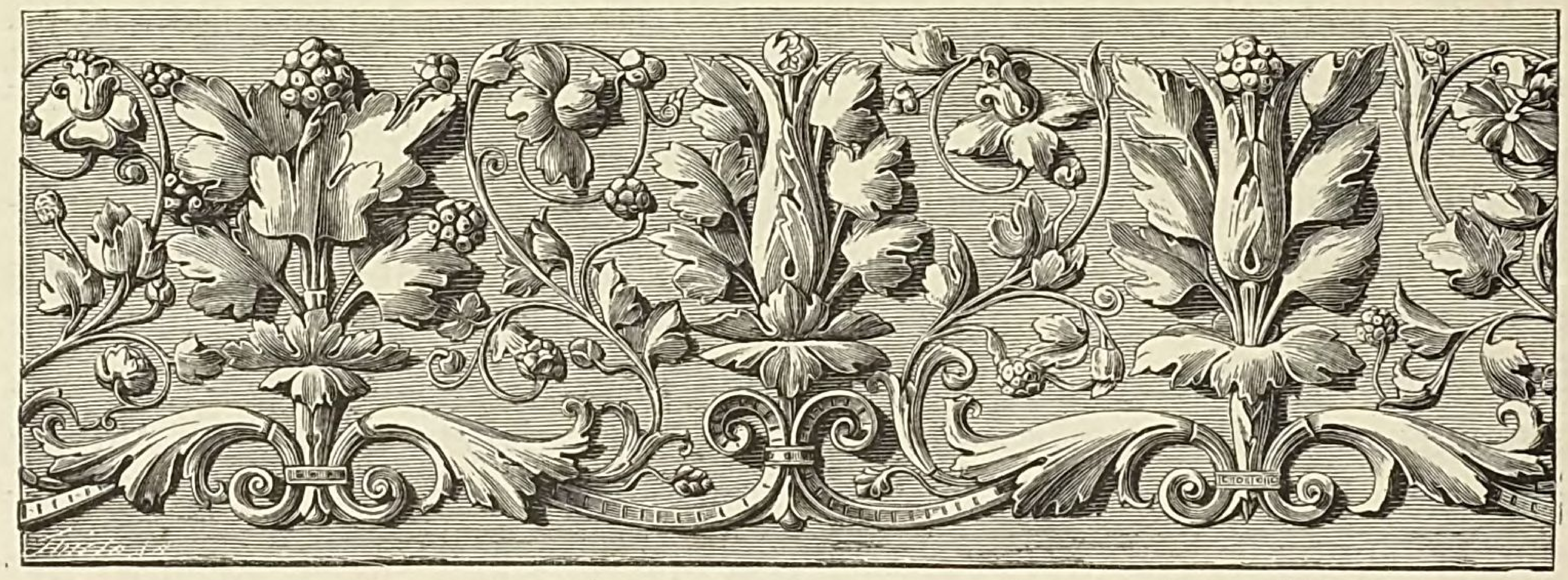


Fig. 47. Marmorfries aus Venedig. Nach Lewis Gruner. Spec. of Orn.

Indem wir den Entwickelungsgang der Kunstform noch weiter verfolgen, können wir wieder anknüpfen an den Anfang unserer Betrachtung. Während die Literatur selbst während des Mittelalters nie ohne Zusammenhang mit den Schöpfungen griechischen Geistes geblieben war, wurde in der Architektur und den verwandten Künsten der Anschluss an diejenige Kunstepoche, von welcher aus sich die abendländische Formenwelt entwickelt hatte, erst in diesem Jahrhundert erreicht. Die unsterb-

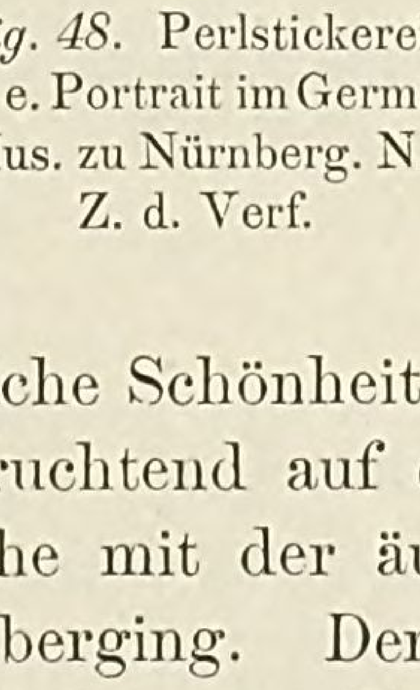


Fig. 48. Perlstickerei v. e. Portrait im Germ. Mus. zu Nürnberg. N. Z. d. Verf.

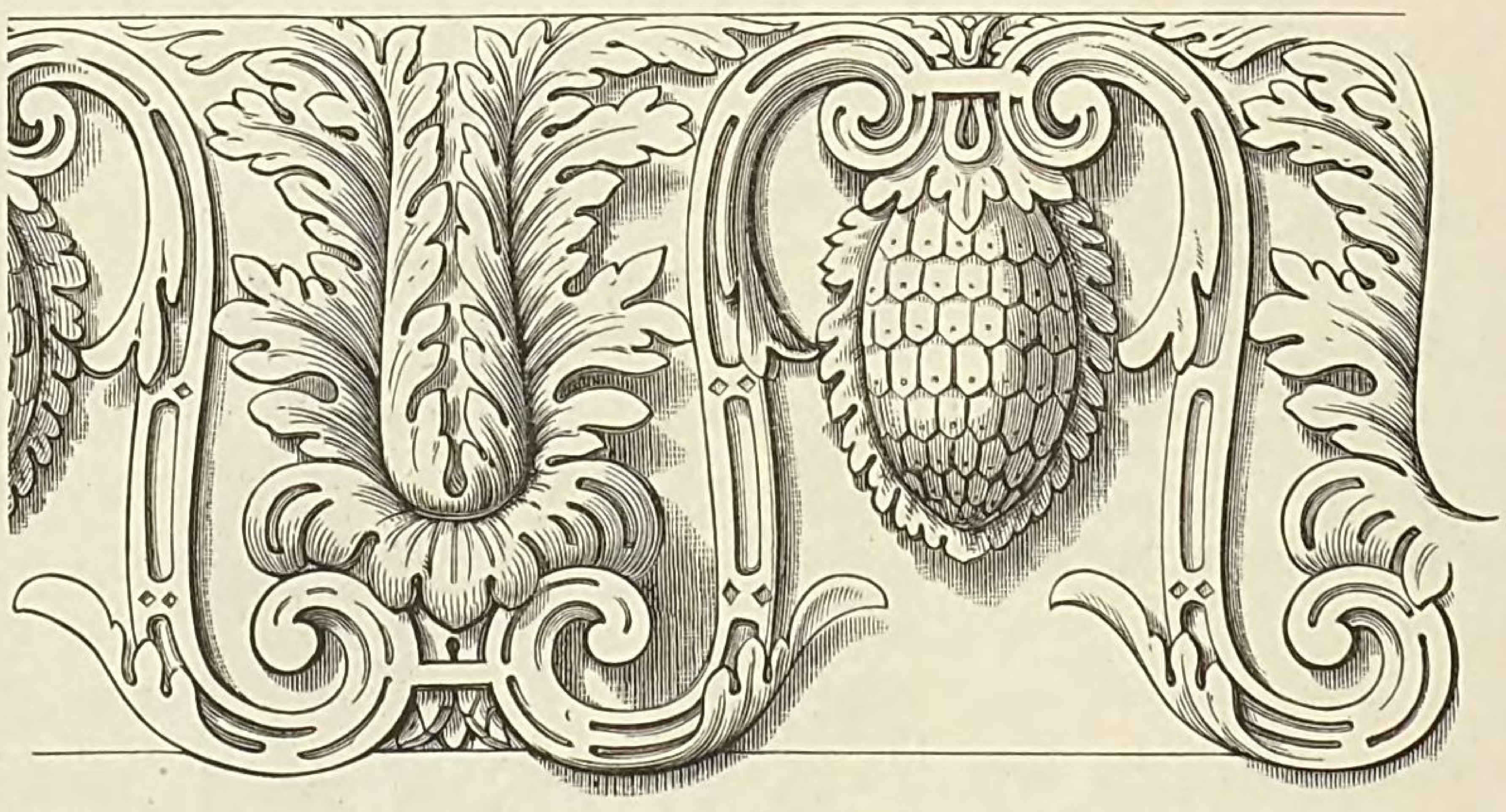


Fig. 49. Holzschnitzerei aus d. Mus. d. Cluny zu Paris. Nach Art pour tous. X. 272.

liche Schönheit der griechischen Ornamentformen wirkte von Neuem befruchtend auf die Bildungen der Neuzeit, wenn es auch lange dauerte, ehe mit der äusseren Form auch das Leben in die neuen Schöpfungen überging. Dem Genius Schinkel's war es bestimmt, den glimmenden Funken zur Flamme zu entfachen. Und wie von ihm, so sind von seinen Nachfolgern lebensvolle Ausbildungen der griechischen Araceenform uns hinterlassen. Es seien an dieser Stelle nur die Namen der Architekten

genannt, welche — bereits dahin geschieden — uns einst auch als Lehrer an der Berliner »Bauschule« nahe gestanden haben: Wilhelm Stier, Stüler, Strack, Gustav Stier, Lohde, die jüngeren Gropius und Lucae. Allein vor Allem muss hier der Werke des noch unter uns weilenden Meisters gedacht werden, welcher der Erkenntniss architektonischer Kunst den Weg bahnend, den Zusammenhang der Structur mit dem Ornament zuerst klar gelegt, diesem selbst aber einen Hauptantheil seiner Lebensarbeit gewidmet hat, »das Ganze im Kleinsten erblickend«: Carl Bötticher's. Im Vollbesitz des traditionellen Materials, in innigem Verhältniss zur Pflanzenwelt, hat seine Künstlerkraft es vermocht, innerhalb der grossen Zahl ihrer, alle Zweige der Kunsttechnik umfassenden, ornamentalen Schöpfungen der hier behandelten Kunstform reiche und mannigfaltige Ausbildung in der höchsten Formvollendung zu geben, und damit dem Glauben an eine Fortentwickelung auch auf diesem Gebiete der Cultur seine volle Berechtigung ertheilt.



Fig. 50. Von einer Thürkrönung. Nach C. Bötticher.

Anmerkungen.

[1] JACOB GRIMM, Über den Ursprung der Sprache. VI. Aufl. Berlin 1866. S. 55.

[2] EDGAR QUINET, La création. Paris 1870. II p. 326.

[3] GÖTHE, DIDEROT's Versuch über die Malerei. Übersetzt und mit Anmerkungen begleitet.

[4] Über den Einfluss associativer Vorstellungen s. W. WUNDT, Grundzüge der physiologischen Psychologie. Leipzig 1880. G. T. FECHNER, Vorschule der Ästhetik. Leipzig 1876, sowie dessen Elemente der Psychophysik u. a.

[5] CARL BÖTTICHER, Die Tektonik der Hellenen. Berlin 1862.

[6] VIOLLET-LE-DUC, Histoire d'un dessinateur. Paris. J. Hetzel & Co. p. 99.

[7] Dr. A. B. FRANK, Die natürliche wagerechte Richtung von Pflanzentheilen und ihre Abhängigkeit vom Lichte und von der Gravitation. Leipzig 1870. Ferner C. DRESSER. The art of decorative design. London 1862, C. CRAMER, Über das Bewegungsvermögen der Pflanzen. Basel 1883 etc.

[8] SCHILLER, Das Belebende.

[9] G. RAWLINSON, The five great monarchies of the ancient eastern world. London 1879. IV. Ed. vol. II 6. und SCHRADER. Ladanum und Palme auf den assyrischen Monumenten. Monatsberichte der K. Pr. Ak. d. Wissensch. zu Berlin. 1881. C. BÖTTICHER. Der Baumcultus der Hellenen. Berlin 1856. S. 507.

[10] Eine ausführlichere Publication ist in Vorbereitung begriffen.

[11] Die Zeichnung des ganzen Capitells s. C. BÖTTICHER, Die Tektonik der Hellenen. Taf. 42.

[12] Das Ornament derselben ist charakteristisch dargestellt durch JOSEF DURM in: Zeitschrift für Bauwesen. Jahrg. XXVI. Auf Bl. 63 im Atlas.

[13] C. BÖTTICHER, Verzeichniss der Abgüsse antiker Werke zu Berlin. II. Aufl. Berlin 1872. S. 141.

[14] Dr. HERMANN HETTNER, Die Bildwerke der Königlichen Antikensammlung zu Dresden. Dresden 1875. S. 71. Nr. 106.

[15] C. BÖTTICHER, Verzeichniss der Abgüsse. II. Aufl. Berlin 1872. S. 427.

[16] Hr. Geh. Ober-Baurath Prof. ADLER hat mir eine Aufnahme desselben freundlichst mitgetheilt.

[17] Näheres in STEPHANI, Comte rendu de la Commission Imp. Arch. II. 1876 und 1879.

[18] Die Königliche Direction der Antikensammlung zu Berlin hatte mir die genauere Durchsicht des noch nicht ausgestellten Materials gestattet.

[19] Führer durch die Königlichen Museen zu Berlin. 1883. S. 21.

[20] Mitgetheilt in »Art pour tous«. II. 61.

[21] VON STACKELBERG, Die Gräber der Hellenen. Berlin 1837. T. LXXIII. In einem goldenen Todtendiadem (Samml. Calvert an den Dardanellen), mitgetheilt von A. HAUSER in Teirich, Bl. f. Kunstgewerbe V H. 4 und dann von CONZE in Archaeologische Zeitung, 1884, S. 94 beendigt die Blume den Rankenzug.

[22] ISABELLE, Les édifices circulaires et les domes. Paris 1855 giebt stark restaurirte sehr kleine Darstellungen der drei Varianten.

[23] Das Capitell ist mehrfach publicirt u. a. in Vorbilder für Fabrikanten und Handwerker. Berlin 1821.

[24] R. WOOD, The ruins of Palmyra. Lond. 1753 u. BUSSLER, Verzierungen aus dem Alterthum.

[25] Der sehr zerstörte Fries ist mehrfach publicirt, auch restaurirt dargestellt worden, aber nur die Photographie giebt ein richtiges Bild desselben. Ein Abguss befindet sich im Museum zu Berlin. Der Holzschnitt musste nach einer durch LAMPUÉ mitgetheilten Restauration hergestellt werden.

[26] Die vollkommensten Beispiele sind in den sogenannten Florentiner Tafeln erhalten.

[27] Die Werke von ZAHN, ferner TATHAM bieten viele Belege.

[28] LAU, Die griechischen Vasen der Sammlung in München. Leipzig 1877.

[29] Die farbige Darstellung in natürlicher Grösse ist nach einem vom Verfasser vor mehreren Jahren über dem Original hergestellten Facsimile und einer in dem Unterrichtsapparat der Technischen Hochschule befindlichen Originalzeichnung ausgeführt, die wahrscheinlich auch durch Abreiben contourirt worden ist (wie der Vergleich ergab); die über dem Fries befindliche, der unteren ganz gleiche Perlschnur ist fortgelassen worden. Eine flüchtige Skizze stellt TATHAM dar, nach welchem dasselbe Schema sich in der Villa Albani befand.

[30] SMUGLIEWITZ, Titus Thermen, BUSSLER, Verzierungen etc.

[31] Eine solche Darstellung soll in einer erweiterten Veröffentlichung gegeben werden. Hier muss auf die Werke von SCHOTT, namentlich aber auf die umfassendste Behandlung von ENGLER in DE CANDOLLE: Monographiae phanerogamarum. Vol. II Araceae. Paris 1879 verwiesen werden.

[32] Aus der umfangreichen Literatur, in welcher der Gegenstand behandelt wird, seien nur erwähnt: GUSTAV KLEMM, Allgemeine Culturgeschichte der Menschheit. Leipzig 1843. I. 112. K. W. VOLZ, Beiträge zur Culturgeschichte. Der Einfluss des Menschen auf die Verbreitung der Hausthiere und der Culturpflanzen. Leipzig 1852. S. 373. JOAKIM FREDERIK SCHOUW, Die Erde, die Pflanzen und der Mensch. Übersetzt von H. ZEISE. Leipzig 1868. S. 145. ALPH. DE CANDOLLE, Origine des plantes cultivées. Paris 1883. p. 58. Übersetzt von Dr. EDMUND GOETZE. Leipzig 1884. S. 91.

[33] Die Verwendung in heutiger Zeit erwähnt THEODOR VON HELDREICH, Die Nutzpflanzen Griechenlands. Athen 1862.

[34] THEOPHRASTI ERESII opera, ex recognitione FRIDERICI WIMMER. Lipsiae MDCCCLIV. Historia plant. VII. Cap. XII. 2. p. 197. In der Übersetzung von C. SPRENGEL. Theophrast's Naturgeschichte der Gewächse. Altona 1822. Band I. Buch VII. Cap. XII. 2. p. 269. »Essbar ist auch die Wurzel des Arum, auch die Blätter, wenn sie vorher in Essig abgekocht werden; jene ist angenehm von Geschmack und gut gegen Zerreissungen. Damit sie aber stärker wachse, blattet man sie ab, gräbt sie aus und kehrt sie um, damit sie nicht wieder ausschlage, sondern alle Nahrung in sich selbst ziehe. Dies thun auch Einige mit den Zwiebeln, indem sie sie sammeln. Die Drachenwurz, eine Art Arum, wegen der gepfleckten Beschaffenheit des Stengels so genannt, ist aber ungeniessbar und mit Arzneikräften versehen.«

[35] PEDANII DIOSCORIDIS Anazarbei de materia medica libri quinque, ed. C. SPRENGEL, Leipzig 1829. Cap. CXCV. pag. 307 (de dracontia grandi). In dem inhaltreichen Werke des Dr. LENZ »Botanik der alten Griechen und Römer«. Gotha 1859. S. 327 wird die Stelle Diosc. de m. m. 2,195 folgendermaassen wiedergegeben. »Die grosse Drachenwurz (δρακοντία), wächst in der schattigen Nähe der Zäune, hat einen glatten, aufrechten, fast 2 Ellen hohen Stamm, der beinahe so dick wie ein Wanderstab und so bunt, wie ein Drache ist, wobei purpurfarbene Flecken vorherrschen. Die Blätter sind ampferähnlich (?) (λαπαθοειδὴς) und umfassen einander. An der Spitze des Stammes steht die traubenförmige Frucht (καρπὸρ βοτρυοειδής), anfangs aschgrau, bei der Reife aber safran- oder scharlachfarb. Die Wurzel ist gross, gerundet, weiss, hat eine dünne Rinde. Man sammelt sie zur Zeit, wo die Frucht sich färbt (περκάζειν), presst den Saft aus, und trocknet sie im Schatten. Die Zeit des Sammelns fällt in die Weizenernte (πυραμητός); sie wird gewaschen, zerschnitten, mit Riemen gebunden und dann im Schatten

getrocknet. Sie dient vielfach als Heilmittel, auch soll Derjenige nicht von einer Viper gebissen werden, der sich mit dem Samen der Drachenwurz die Hände gerieben oder die Wurzel selbst in der Tasche hat.«

[36] C. Plinii secundi naturalis historiae. D. Detlefsen recensuit; Berolini MDCCCLXVIII. Volumen IV. liber. XXV. Cap. 2 .(6) 18 u. 19; pag. 74, wörtlich etwa: »In derselben Provinz habe ich im Garten eines Gastfreundes eine dort neulich gefundene »Dracunculus« genannte Pflanze kennen gelernt, die einen Stengel von der Stärke eines Daumens hat, mit schillernden Viperflecken, von der man erzählte, dass sie ein Heilmittel sei gegen den Biss aller Thiere, eine andere Art, als diejenigen Pflanzen, welche wir im vorhergehenden Bande mit demselben Namen bezeichnet haben; diese vielmehr hat eine andere Gestalt; und eine andere wunderbare Eigenschaft der Pflanze ist es, dass sie sich aus der Erde heraushebt bis zu einer Höhe von fast 2 Fuss, zur Zeit, wenn sich die Schlangen im Frühjahr häuten, und zusammen mit dieser sich wieder in die Erde hineinverbirgt; und es erscheint überhaupt keine Schlange, wenn diese Pflanze verborgen ist; dies kann man als eine gefällige Gabe der Natur betrachten, indem diese so vorher warnt und die Zeit der Gefahr anzeigt«.

[37] Dr. Hermann Hettner, Die Bildwerke der Königlichen Antikensammlung zu Dresden. Dresden 1875. S. 52. No. 41 araförmiger Candelaberuntersatz.

[38] Alph. de Candolle, Monographiae phanerogamarum Auctore Engler. vol. secundum. Araceae. Paris 1879. pag. 603. Verbreitung des Dracunculus vulgaris: In ditione mediterranea, in regione Castaneae vescae atque Oleae europaeae in locis umbrosis; in Gallia meridionali, in Hispania, in Asturiis; in Lusitania meridionali; Pedemontium: Susa, Mondovi, Turin; Lombardia: Voghera, Milano, Parma; Riviera di Ponente et Riviera di Levante; Toscana, in monte Pisano; Macerata; Ascoli, Roma; in ditione Neapolitana et in Calabria orientali; Corsica, Malta; Carniolia ad lido del Tomeso; Forojulium, pr. Teglie et Fossalta; Croatia; Dalmatia; Bristivizza pr. Trau, Clissa, in insula Solta, Bergato pr. Ragusa; Macedonia, Salonik; Euboea; Athenae; Rhodos. — D. creticus: Creta, Therisso, Thebae. — D. laevigatus: Rhodos. — D. elongatus: Asia minor, Lycia.

[39] H. Schott, Genera aroidearum, Wien 1858 u. andere. C. Fraas. Synopsis plantarum florae classicae. München 1845. p. 272. Heldreich, ausser in »Nutzpflanzen Griechenlands« in »Pflanzen der attischen Ebene« (A. Mommsen, Griechische Jahreszeiten 1877). Parlatore: Flora italiana.

[40] J. F. Julius Schmidt. Beiträge zur physikalischen Geographie von Griechenland. III. Maxima der Vegetation in Attika. S. 289. »Dennoch nährt sich der alternde Baum — Ölbaum — ungeachtet seines verwüsteten Fundaments, in welchem oft hohe glänzend grüne Aroïden und andere Pflanzen, zurückgezogen in geräumige Höhlungen des Stammes und geschützt vor den heftigen Nordwinden, ein bevorzugtes Dasein führen.«

P. 302. Arum dracunculus. »In einem pflanzenreichen, dichtbuschigen Theile des Rhevma (Bachbettes) bei Chalandri, in etwa 100 Toisen Seehöhe, maass ich am 5. Juni 1859 ungewöhnlich grosse blühende Exemplare wie folgt:

Umfang des Stammes an der Erde ..	0.180 M.	= 0.554	p.	Fuss	=	6.65	p.	Zoll.
Durchmesser des Stammes an der Erde	0.0573 »	= 0.1763	»	»	=	2.12	»	»
Umfang des Stammes unter der Blüthe	0.120 »	= 0.369	»	»	=	4.43	»	»
Durchmesser des Stammes unter der Blüthe	0.0382 »	= 0.1176	»	»	=	1.41	»	»
Länge des Kolbens (Spadix)	0.83 »	= 2.555	»	»	=	30.66	»	»
Umfang desselben in der Mitte	0.14 »	= 0.431	»	»	=	5.18	»	»
Durchmesser desselben	0.0446 »	= 0.1372	»	»	=	1.65	»	»
Länge der Blüthenscheide (Spatha) ..	0.90 »	= 2.770	»	»	=	33.24	»	»
Breite derselben	0.36 »	= 1.108	»	»	=	13.30	»	»
Ganze Höhe der Pflanze	1.96 »	= 6.033	»	»	=	72.40	»	»

Viele Hundert solcher Aroïdeen in demselben Thale, bei Kephissia, und namentlich im Gebüsche bei der Nymphengrotte, erreichen freilich nicht solche Grösse, aber kommen

ihr nahe. Nach einer zuverlässigen Mittheilung ward bei Xirochori im nördlichen Euböa die Länge einer solchen Blüthenscheide 1^{m} und etliche Centimeter, also zu mehr, als 3 pariser Fuss Länge gemessen. Bei Athen, im Thale des Ilissos und Eridanos sind sie viel kleiner. Am 10. Mai fand ich hier die grösste Spatha nur 28 pariser Zoll lang und 7 Zoll breit. Auch auf Creta erreicht Arum dracunculus eine besondere Grösse, wie mir Herr VON HELDREICH mittheilt, der im April 1846 ein Exemplar gemessen hat, dessen Blüthenscheide 1^{m} oder 3.1 pariser Fuss und dessen Kolben 0.855^{m} oder 2.6 pariser Fuss lang war. Die ganze Höhe betrug 6 pariser Fuss. Die Pflanze wuchs bei dem Cap Sidero.« — Der Botaniker Dr. SINTENIS, welcher im Jahre 1883 die Flora von Hissarlik erforschte, theilte dem Verf. mit, dass er ebenso mächtige Entwickelung des Dr. auf dem türkischen Friedhofe in Sarygea an den Dardanellen, wie in Assos beobachtet habe.

[41] Plinius. ED. DETLEFSEN. Vol. IV. p. 72. Übersetzung von KÜLB. 21. S. 2748.

[42] Beispiele in Mon. ined. Vol. VI. 1862 GERHARD Vas. apul. du M. de Berl. I. u. II., 55 V.

[43] In den betreffenden Publicationen finden sich viele Beispiele.

[44] Eine Menge ähnlicher Formen finden sich in ZAHNS u. NICCOLLINIS Werke.

[45] Architecture Ottomane. EHDEM PASCHA u. M. DE LAUNAY. Constantinopel 1873. E. SEBAH auf Tafel III d. Flore ornamentale de l'arch. Ottomane.

[46] DUPONT-AUBERVILLE, L'ornement des Tissus. Paris 1877. »Nous nons faisons un devoir de conserver, autant que possible, les noms typiques que l'usage a consacrés déjà. Les Musées de Nuremberg et de Kensington, à Londres, emploient indistinctement, dans les descriptions de leurs catalogues, le nom général de Grenades pour désigner ce motif d'ornement, fruit ou fleur, qui charge le centre des compositions de ce genre de dessin, bien qu'il ressemble aussi souvent à la fleur du chardon qu'au fruit dont il porte le nom.«

[47] ALPH. DE CANDOLLE Origine des plantes cultivées. Ausserdem sind anzuführen FRAAS, VOLZ, die Nachrichten der alten Schriftsteller durch LENZ, auch M. v. STRANTZ: Unsere Gemüse. Berlin 1877.

[48] Dr. F. UNGER, Botanische Streifzüge auf dem Gebiete der Culturgeschichte. IV. die Pflanzen des alten Ägyptens S. 18 und 72.

[49] DE CANDOLLE Orig. d. pl. cult. — VICTOR HEHN, Culturpflanzen und Hausthiere etc. Berlin 1874. S. 228.

[50] Verhandlungen des botanischen Vereins der Provinz Brandenburg. 23. Jahrgang. Sitzung vom 30. December 1881. »Herr P. ASCHERSON legte in Anschluss an die Mittheilung über Prof. G. SCHWEINFURTH's Untersuchungen altägyptischer Gräberpflanzen mehrere von demselben eingesandte Gegenstände vor.« G. SCHWEINFURTH: Über Pflanzenreste aus altägyptischen Gräbern. Berichte der deutschen botanischen Gesellschaft. 1884 2. Jahrgang. Heft 7. S. 365: »Carthamus tinctorius L. In den Weidenpäckchen, welche die Blumengewinde der Mumie Amenhotep I (Gräberfund 1881) zusammensetzen, sind kleine Bündel von Einzelblüthen dieser Art eingefügt, deren Theile sich genau untersuchen liessen und die Identität mit dem Saflor, dem Knikos der Alten, darthaten. Die braunrothe Farbe der Blüthen, nur um einige Töne tiefer angelegt, hat sich erhalten. Die äusseren Binden, mit denen die Mumien in gewissen Zwischenräumen zusammengeschnürt erscheinen, pflegen häufig im Gegensatz zum hellen Aussehen der übrigen Leinwandstreifen von röthlicher Färbung zu sein, welche letztere wahrscheinlich von den aus Saflorblüthen hergestellten Farbstoff herrühren mag. Heute noch wird der orangerothe Saflor, welcher die Spielart inermis mit unbewehrten Hüllkelchblättern darstellt, in ganz Ägypten als Ölfrucht angebaut, während die gelbblühende typische Form dieser Art nur in geringer Anzahl unter ihr anzutreffen ist.«

[51] Über die Cultur und Verwendung des Carthamus tinctorius s. VICTOR HEHN, VOLTZ, PH. DAVID, Handbuch der Seidenfärberei. S. 275. EDWARD BANCROFT, Englisches Färbebuch, übersetzt von BUCHNER. S. 395. BERTHOLLET, Elem. of the art of Dyeing, transl. by Ure. u. a., vor allem DE CANDOLLE, Origine des. pl. cult., ferner BALFOUR, Cyclopaedia of India. Madras 1857. No. 2411.

[52] GOTTFRIED SEMPER. Der Stil. Frankfurt a. M. 1860. S. 260.

[53] Dr. Hermann Grothe. Die Construction der Webestühle etc. im Alterthum. Verhandlungen des Vereins zur Beförderung des Gewerbefleisses 1883. VII. Heft. S. 262: »Theophrastus Hist. plaut. VI. 4,5 giebt an, dass man die Stengel von Carthamus leucocaulis einer Saflorart (κνῆκος ἄγριος) als πηνίον gebrauchte. Nun steht aber fest, dass die Anwendung dieser Stengel als ἄτρακτος, Spindel, fusum, etwas sehr verbreitetes war.«

[54] Dr. Joh. Heinrich Dierbach, Flora mythologica. Frankfurt a. M. 1833. pag. 202: »Knekos wird von den meisten Botanikern für den Saflor, carthamus tinctorius, gehalten. Als Sühnopfer verbrannte Medea auf dem Scheiterhaufen nebst andern Dingen auch den Saflor, daher die Stelle bei Orfeus dem Argonauten 958 ff.: »Unter das Blut nun mischt' ich Chalkanthoskraut mit Struthejon, — Knekos auch, und Zwiebel zugleich mit der rothen Anchusa.««

[55] Es muss hier auf die grossen Publikationen: Vorbilder für Fabrikanten, F. Fischbach. Ornamente der Gewebe, Dupont-Auberville l'Ornement des tissus u. a. m. verwiesen werden.

[56] G. Semper. Über die formelle Gesetzmässigkeit des Schmuckes und dessen Bedeutung als Kunstsymbol. Zürich 1856. S. 4.

[57] Zu erwähnen sind: Das grosse Werk über die Textilfabrikate Indiens (London). Owen Jones, the grammar of ornament. A. Racinet, L'ornement polychrome. George Birdwood, Ausstellung indischer Kunst-Gegenstände zu Berlin 1881. George Birdwood, the industrial arts of India. London 1880. The journal of indian art, W. Griggs, Elm House, Hanover Street, Peckham. London. Karl Eugen von Uifalvy, Aus dem westlichen Himalaja. Erlebnisse und Forschungen. Leipzig 1884.

[58] N. Auberville, l'Ornement des tissus.

[59] Falcot. Traité de la fabrication des Tissus. II. A. 1852. Rey: Études pour servir à l'histoire des châles. Paris 1823.

[60] Falcot. p. 366 u. ff. »Un carré à palmes (djâldâr).« Nach einer mir von Dr. E. Seler gegebenen Auskunft lässt sich das Wort djâldâr am besten zurückführen auf jâla das Netz, also würde nur das Wort »carré« damit erklärt sein.

[61] G. Birdwood, the industrial arts of India. 1880. p. 325.

[62] Prisse d'Avennes giebt in der »Art arabe« einige Beispiele.

[63] G. Birdwood, the ind. a. of. Ind. 1880. p. 87.

[64] Schott, Genera Aroidearum. 81. Scindapsus officinalis. Engler S. 254. S. auch Edward Balfour: Cyclopaedia of India. No. 448, 2783 u. ff.

[65] In der entgegenkommendsten Weise wurde mir das im Berliner Botanischen Museum befindliche Material durch Herrn Professor Eichler zugänglich gemacht; ebenso hat Herr Professor Engler in Kiel durch Belehrung, an der Hand seiner reichen Sammlung, der Untersuchung werthvolle Förderung zu Theil werden lassen.

[66] In den meisten der Emails ist die Form wiederzufinden, so z. B. in einem emaillirten Rauchfass im Germ. Mus. zu Nürnberg. Anzeiger d. germanischen Nationalmuseums 1884. S. 45.

[67] H. W. Schulz, Denkmäler der Kunst in Unteritalien 1860.

[68] G. u. L. Kreutz, La basilica di San Marco in Venezia. 1843.

[69] M. Viollet-le-duc, Dictionnaire raisonné de l'architecture française du XI. au XVI. siècle. Paris 1861. Tome cinquième pag. 488 (Flore). »Qui sait si ces artistes ne trouvaient pas des joies intimes dans la reproduction monumentale de ces humble plantes, d'eux seuls connues, aimées d'eux seuls, cueillies et observées longuement dans le silence des bois? . . . Pourquoi des artistes observateurs, ennuyés de la monotonie des arts romans, ne se seraient-ils pas épris de cette modeste flore des champs, et cherchant un art, n'auraient-ils pas dit, en découvrant ces trésors cachés: »Je l'ai trouvé?««

[70] Sagen über Arum maculatum finden sich in A. von Perger, Deutsche Pflanzensagen. 1864. S. 185 und in H. Reling und J. Bohnhorst, Unsere Pflanzen in Sage und Geschichte. 1882. S. 59.



Nach einer Originalzeichnung im Besitz der Kgl. Technischen Hochschule zu Berlin.

Antiker Mosaikfries (Dresden). Nat. Gr.

Tafel II.



E. Jacobsthal n. d. N.

Dracunculus vulgaris (Schott) ½ d. n. Gr.

Tafel II.



E. Jacobsthal n. d. N.

Dracunculus vulgaris (Schott) ½ d. n. Gr.

Beiträge zur Kenntniss der Constitution des Eisens.

Von Julius Weeren.

Bekanntlich werden seit einigen Jahrhunderten auf den Eisenhütten drei verschiedene Arten von Eisen erzeugt, welche als Roheisen, Stahl und Schmiedeeisen in den Handel gehen. Es liegt nicht die Absicht vor, an dieser Stelle in die in jüngster Zeit versuchte Terminologie der fabrikmässig hergestellten Eisensorten einzugehen, so zweckmässig es auch sein mag, mit den älteren Bezeichnungen zu brechen und neue für die mannigfaltigen Erzeugnisse der in den letzten Decennien schwunghaft entwickelten Eisenindustrie einzuführen. Für die vorliegenden Untersuchungen reicht die ältere Terminologie vollkommen aus, da die Erscheinungen, welche wir besprechen wollen, insofern unabhängig von der Vielseitigkeit der Eisenfabrikate und der für die Herstellung derselben entwickelten Fabricationsmethoden sind, als sie die allgemeinsten Gesichtspunkte umfassen, von denen aus unsere Eisenhüttenprocesse aufgefasst werden müssen.

In älterer Zeit, als man das Handelseisen aus seinen Erzen durch die sogenannte Rennarbeit bezw. in niedrigen Schachtöfen unter Einwirkung einer mehr oder weniger frischenden Schlacke herstellte, gewann man und konnte man nur zwei Sorten Eisen gewinnen: schmied- und härtbares, hartes Eisen, welches man als Stahl unterschied und in dem vorgeschichtlichen Alterthum bereits als solchen mit den bekannten charakteristischen Eigenschaften erkannt hatte, und schmied- und nicht härtbares, weiches Eisen, das sogenannte Schmiede- bezw. Stabeisen. Jahrtausende lang hat man nur diese beiden Sorten des Eisens absichtlich hergestellt, aber verhältnissmässig sehr spät erst hat sich die dritte, jetzt in der grössesten Menge auf den Eisenhütten erzeugte Eisensorte eingestellt, das hochgekohlte Eisen, jetzt allgemein Roheisen genannt, weil es das Rohmaterial für die übrigen Erzeugnisse unserer Eisenindustrie ist. Dennoch wird man auch diese Art schon frühzeitig und oft genug erzeugt haben, wenngleich unabsichtlich, zumal um die Zeit, als die Herdöfen allmälig in die Höhe wuchsen, der

Stückofenbetrieb eingeführt wurde, und noch mehr, als die eigentlichen Schachtöfen in der organischen Entwickelung der metallurgischen Apparate für den Eisenhüttenbetrieb an die Reihe kamen.

Und dennoch sollte gerade diese verhältnissmässig sehr spät in regelmässigem Hüttenbetriebe erzeugte Art Eisen, nachdem man sie nicht mehr als eine Art Verunreinigung, als eine Art Rohstein ansah, berufen sein, die grösseste Umwälzung in unseren industriellen Verhältnissen, ja in unserer ganzen culturellen Entwickelung hervorzurufen.

Wie über die älteste Geschichte des Eisens ein besonders dichter Schleier ausgebreitet ist und zwar vornehmlich über die jener entlegenen Zeiten, in welcher es zuerst als Stahl bezw. Eisenwerkzeug dem Menschen dienstbar wurde, weil die ausserordentlich rasche Oxydirbarkeit desselben seine eigenen Spuren in den Gräbern und sonstigen Fundstellen, welche uns über die prähistorische und historische Cultur so unerwartet reiche Aufschlüsse gegeben, vernichtet hat, auch wol oft genug nur ein Häuflein Rost, das unbedeutende Überbleibsel einer ihrer Zeit vielleicht besonders gefürchteten Waffe, von dem Alterthumsforscher übersehen ist; so sind wir auch darüber im Ungewissen, wann die dritte Sorte des Eisens, das Roheisen, zuerst hergestellt worden ist und wo man dasselbe zuerst für Giessereizwecke, die unstreitig besonders epochemachend für unser Culturleben wurden, verwendet hat.

Der nur langsamen Entwickelung der Eisenhüttenkunst bis in das spätere Mittelalter hinein hat — das geht aus dem Wenigen, welches uns über die ältere Metallurgie des Eisens berichtet wird, unzweideutig hervor — das viel verbreitete Vorurtheil zu Grunde gelegen, dass die Herstellung des noch überdies sehr theuren Eisens — es wird im Beginn des Mittelalters dem Kupfer nicht viel an Werth nachgestanden haben, und dürfen wir uns nicht darüber wundern, dass es als Geld resp. Tauschwerth gedient hat, wie das zur Zeit noch vielfach in Afrika der Fall ist — nicht als vollständig ebenbürtig mit der der übrigen Metalle anzusehen sei. Alle älteren metallurgischen Schriften, welche sorgfältig ausgearbeitete ausführliche Beschreibungen der Hüttenprocesse des Kupfers, Silbers u. s. w. geben, fertigen das Eisen in der Regel in wenigen unbedeutenden Kapiteln ab. Vielfach wurde seine Herstellung als eine Art Bauernarbeit angesehen und damit ebenso geringschätzig behandelt, als in früheren Jahrhunderten der jetzt so viel umworbene Bauernstand selbst.

Möglich, dass diese uns kaum begreifliche Abneigung noch verstärkt wurde durch die mancherlei Schwierigkeiten, welche die fernere Verarbeitung dieses Metalles und besonders des in älterer Zeit gewonnenen, sicherlich in der Regel sehr ungleichartigen, bot. Es war eine Schmiede-

bezw. Treibarbeit, die mit diesen industriellen Erzeugnissen vorgenommen werden musste, mithin eine der technisch schwierigsten Arbeiten. Übersehen dürfen wir bei der Beurtheilung dieser Verhältnisse nicht, dass man schon sehr frühzeitig die Kunst des Modellirens, Formens und Giessens auf eine sehr hohe Stufe gebracht hatte, dass diese Kunst viel einfacher und zugleich mannigfaltiger in ihrer Anwendung ist, als die des Schmiedens, und dass sich die übrigen Metalle und noch mehr ihre stets leicht flüssigeren Legirungen wegen ihres relativ niedrigen Schmelzpunktes dem ausübenden Künstler und auch selbst dem Handwerker für die Zwecke ihrer Gewerbe besonders empfahlen. Auch ihre prächtigen bestechenden Farben, ihre Beständigkeit in Wind und Wetter, die leichtere Bearbeitungsfähigkeit, bedingt durch ihre geringere Härte, ja die Eigenschaft einzelner, sich mit einer prächtigen Farbe (Patina) zu überziehen, machten sie für Gegenstände der Kunst und eines reicheren bürgerlichen Lebens besonders empfehlenswerth. Und dabei waren sie nicht erheblich theuerer, als das für die derzeitige Industrie unschmelzbare Eisen. Da nun aber der Künstler in früherer Zeit gleichzeitig Metallurg und Erzgiesser sein musste, so darf es uns nicht Wunder nehmen, wenn, abgesehen von der grösseren Gewissheit des Gelingens, von der blossen Zulänglichkeit der Bronzen für die Kunstansprüche der älteren Zeiten, nur die sie zusammensetzenden Metalle die Aufmerksamkeit der Männer auf sich zogen, welche, mit allen technischen und chemischen Erfahrungen ihrer Zeit ausgerüstet, sich denselben ihres Berufes wegen zuwenden mussten und somit auch nur die hier gewonnenen Erfahrungen als besonders werthvoll schriftlich niederlegten und auf eine spätere Zeit vererbten.

Dahingegen liess sich das in älterer Zeit gewonnene Eisen mit den bescheidenen Hülfsmitteln einer wenig entwickelten Industrie weder umschmelzen noch vergiessen, und selbst in späterer Zeit, als man durch den Übergang zu höheren Öfen ein schmelzbareres Eisen gewonnen hatte und dasselbe zu Giessereizwecken zu verwenden anfing, stiess man auf beträchtliche Schwierigkeiten, die mit den unvollkommenen Einrichtungen der damaligen Hütten, mit dem daraus folgenden unregelmässigen Gange der Schmelzöfen und mit der überaus ungleichartigen Zusammensetzung des in einem Schmelzen gewonnenen Materials zusammenhingen. Man darf überhaupt nicht übersehen, dass die Darstellung der verschiedenen Eisensorten in demselben Maasse schwierig ist und sehr erfahrene Arbeiter bedingt, als die Metallurgie desselben einfach ist.

Wahrscheinlich ist um das Jahr 1409 am Fusse des elsässer Belchen in Rimbach, einem kleinen Örtchen, welches in einem schroffen Seitenthale des bei Massmünster vorbei fliessenden Dollerbaches gelegen ist,

das erste Giesserei-Roheisen erblasen und zu Giessereizwecken verwendet worden. Wie auch jetzt wiederum gehörte dieser Landstrich in dem genannten Jahre zu Deutschland, der Pflanzschule der Hüttentechnik im ganzen Mittelalter und bis zum Anfange des verflossenen Jahrhunderts hin, und so dürfen wir wohl unbestritten annehmen, dass die erste Verwendung des in höheren Öfen dargestellten kohlenstoffreicheren und desshalb verhältnissmässig leicht schmelzenden Eisens zu Giessereizwecken eine Erfindung ist, welche die Welt dem deutschen Genius verdankt.

Bekanntlich unterscheiden wir heutigen Tages mehrere Sorten Roheisen nach ihrem Aussehen, insbesondere nach den Farben, welche frische Brüche desselben zeigen. Wir sprechen von weissem, grauem und halbirtem oder melirtem Roheisen und ergänzen diese derart unterschiedenen Sorten noch durch die Bezeichnung grobkörnig, feinkörnig, strahlig, spiegelig u. s. w. Alle diese Bezeichnungen haben ihre grosse Bedeutung für die Praxis. Der Techniker hat in ihnen einen ersten Anhaltspunkt für die Verwendungsart der ihnen entsprechenden Roheisensorten.

Für die Entwickelung der Gesammtindustrie hat unstreitig wohl die Einführung des grauen Roheisens die hervorragendste Bedeutung gehabt, eine Bedeutung, welche hier in aller Kürze anzudeuten wir uns nicht versagen können.

Zu dem Ende müssen wir darauf hinweisen, dass, wenn das sogenannte Roheisen ein jüngstes Product einer Jahrtausende umfassenden Entwickelung der Metallindustrie ist, die Herstellung des grauen Roheisens, des Giesserei-Roheisens par excellence, in regelmässiger Qualität, so dass an eine technische Verwendung gedacht werden kann, das allerjüngste Product dieser Bestrebungen ist.

Wann graues Roheisen zuerst in ziemlich constanter Qualität — der Grundbedingung der praktischen Verwendbarkeit — hergestellt wurde, wissen wir wiederum nicht ganz genau anzugeben. Unzweifelhaft aber ist England wohl als dasjenige Land anzusehen, welches eines der ersten, graues Eisen in ziemlich gleichmässiger Beschaffenheit, in grösseren Mengen und relativ billig erzeugte, ebenso wie England auch dasjenige Land ist, in welchem zuerst das Bedürfniss entstand und auch befriedigt wurde, das den strengsten Anforderungen an gleimässige Zusammensetzung entsprechende Rohmaterial durch ein zweites Schmelzen, das Umschmelzen im Cupolo- und Flammenofen, herzustellen und somit die letzten Differenzen in der Zusammensetzung auszugleichen. Hiermit that England zugleich den überaus folgenreichen Schritt, den Giessereibetrieb vom Hochofen zu trennen und ihn mit den Maschinenfabriken zu verbinden.

Wir dürfen annehmen, dass der erste Cupolo-Ofen in England und zwar im ersten Drittel, vielleicht gegen das Ende desselben, des vergangenen Jahrhunderts erbaut und betrieben ist. In Deutschland kann die Einführung des Cupolo-Ofen-Betriebes wohl mit Recht der Begründer und Durchkämpfer der rheinisch-westfälischen Eisenindustrie GOTTLOB JULIUS JACOBI beanspruchen. Wahrscheinlich wurde im Jahre 1795 auf der in der Gemeinde Osterfeld bei Sterkrade gelegenen St. Antony-Hütte, die im Jahre 1790 gegründet wurde und allmälig zu dem Riesenwerke Gute-Hoffnungshütte heranwuchs, zum ersten Male im Rheinlande aus dem Cupolo-Ofen Eisen zweiter Schmelzung hergestellt.

Das graue Roheisen hat unschätzbare Eigenschaften für die Industrie. Stellen wir die hervorragendsten hier zusammen:

1. Es lässt sich in einer auch durch die gewöhnlichen Hülfsmittel der Hüttentechnik leicht erreichbaren Temperatur umschmelzen.

2. Von neuem geschmolzen, bleibt es lange Zeit flüssig.

3. Es füllt die Formen ganz vorzüglich aus und nimmt die feinsten Eindrücke derselben leicht an.

4. Dem entsprechend zeigt es in den Abgüssen eine glatte, gleichartige Oberfläche und bedarf kaum einer Nacharbeit, wenn das Formen und Giessen mit Sachkenntniss ausgeführt ist.

5. Es kann in grösseren Stücken sogar in nicht getrockneten Formen gegossen werden.

6. Es gestattet die Herstellung dichter Güsse ohne namhafte Kunst und Kostenaufwand.

7. Es hat eine geringe und wenig variable Schwindung.

8. Es lässt sich leicht bearbeiten — mit alleiniger Ausnahme des Schmiedens und Treibens, welche Arbeiten es aber in vielen Fällen ersetzen soll.

9. Es hat eine beträchtliche Festigkeit.

10. Es ist überaus billig.

Diese unschätzbaren Eigenschaften sicherten ihm eine ausgedehnte Anwendungsfähigkeit, die heutigen Tages geradezu als eine universelle zu bezeichnen ist. Jedoch wo viel Licht ist, da ist auch Schatten. Es fehlt ihm zur Herstellung hervorragender Kunstwerke etwas Wesentliches, die schöne Farbe der Bronzen und Edelmetalle, und überdies rostet es leicht und gerade nicht in schönen Farbentönen, wesshalb es nur angestrichen, bronzirt oder mit Metallüberzügen zu Gegenständen der Kunst und des Luxus Verwendung finden kann, da seine natürliche graublaue Farbe nur selten künstlerisch verwendet werden dürfte. Die Fortschritte, welche in der Kunst, in Gusseisen auf das Billigste und Sauberste ausgeführte Gegenstände mit Metallen zu überziehen, in den letzten Jahren gemacht

sind, sichern ihm wohl noch eine bedeutende Zukunft, besonders bei der Herstellung von Monumental-Kunstwerken.

Wenn somit die Benutzung des grauen Roheisens zur Herstellung von allerlei billigen Verbrauchsgegenständen des bürgerlichen Lebens von weittragenden Folgen war, so können wir ihm des Weiteren auch ohne Übertreibung die vollständige Umwälzung, welche auf dem Gebiete der Gesammt-Industrie in den letzten beiden Jahrhunderten sich vollzogen hat, zum grössten Theile zuschreiben. Gewiss hat das Giesserei-Roheisen diese Umwälzung nicht allein vollbracht. Wir kennen die hier maassgebenden Factoren ganz genau. Aber die schönsten, selbst nützlichsten Ideen bleiben Ideen, wenn ein angemessenes Substrat fehlt, in welchem sie sich verkörpern können. Und dieses Substrat für die grossartigen technischen Gedanken der letzten Jahrhunderte ist unstreitig in erster Reihe das billige, feste, bearbeitungsfähige Giesserei-Roheisen. Wir können kühn die Behauptung aufstellen, ohne graues Roheisen keine Dampfmaschine, keine Locomotive, kein Schienenweg, überhaupt keine namhafte Maschinen-Industrie, welche letztere unstreitig in Gemeinschaft mit der Ausbeutung der grossen Schätze an Brennstoffen, die unsere Erdschichten bergen, wohl alle Neuerungen der letzten beiden Jahrhunderte geschaffen, den Nationalwohlstand aller sie entwickelnden Völker enorm vermehrt und dadurch allein zu allen den weiteren Schöpfungen, welche in Kunst und Gewerbe während derselben Zeit in einem früher auch nur annähernd nicht einmal dagewesenen Maassstabe entstanden sind, Veranlassung gegeben hat. Das graue Giesserei-Roheisen gestattete vermöge der oben aufgeführten Eigenschaften, insbesondere aber wegen seiner Billigkeit im Vergleich mit anderen Metallen, das Holz allmälig aus dem Maschinenbau zu verdrängen, dadurch compendiösere Constructionen herzustellen und damit demselben eine ganz andere Wendung zu geben. Es gestattete grosse wie kleine Dampfcylinder in jeder Form und in der präcisesten Ausführung herzustellen. In Kupfer oder Bronze lassen sich diese Hülfswerkzeuge nur ausnahmsweise ausführen, weil sie zu theuer werden.

Es gestattete an die Möglichkeit zu denken, die Walzarbeit an die Stelle der Hammerarbeit zu setzen, d. h. in der Einführung der Walzwerke war ein einfaches Mittel gefunden, Bleche, gewöhnliches Handelseisen, selbst profilirte Schmiedeeisen und Stahlsorten herzustellen, und zwar unvergleichlich billig gegen die früheren Arbeitsmethoden und massenhaft. Die Walzarbeit vorzugsweise hat die kohlenstoffarmen Eisensorten so billig gemacht. Seit Hundert Jahren ist hierin ein vollständiger Umschwung eingetreten. Der Vorzug aller Walzarbeit, wir betonen es nochmals, besteht darin, dass sie nicht allein gestattet, mit einer Leich-

tigkeit, die noch unvergleichlich prakticabler ist, als die Formgebung beim Giessereibetriebe, die verschiedenartigsten Formen herzustellen, sondern diese in schnellster Ausführung massenhaft und billig zu beschaffen. Die Walzarbeit hat uns erst das Zeitalter der Eisenbahn geschaffen.

Keine Walze aber, insbesonder die Walzstrassen selbst, ohne graues Roheisen. Allerdings hat man in den letzten Jahren auch Stahlwalzen hergestellt, nachdem eine entwickeltere Industrie auch dieses vortreffliche Material zu Preisen, die man vor einem Viertel Jahrhundert nicht für möglich erachtete, herstellen gelernt hat. Ein Besuch unserer grossen Walzwerke aber und ein Einblick in deren Walzenlager beweist uns, dass das Gusseisen sobald die Herrschaft auf diesem Gebiete nicht verlieren wird, dass aber diese Millionen Kilo an Walzen-Inventar niemals in Kupfer, Bronze etc. hergestellt werden konnten. Verbietet schon der Preis der letzteren die Herstellung der Walzen für den Walzwerksbetrieb, so aber auch nicht minder die physikalischen Eigenschaften derselben: mangelnde Härte, niedriger Schmelzpunkt.

Der Walzarbeit verdanken wir aber auch die Herstellung grosser gleichmässiger Eisen- oder Stahlbleche, wie sie allein bei dem Baue der Dampfkessel Verwendung finden können, wenn dieselben den Ansprüchen eines rationellen Dampfmaschinenbaues genügen sollen. Der gusseiserne Kofferkessel mit geringer Dampfspannung, grossem Gewichte und seiner beträchtlichen Neigung zum Explodiren musste beseitigt, der cylindrische, leichte, schmiedeeiserne, für hohe Dampfspannungen verwendbare Kessel an seine Stelle gesetzt werden, bevor man daran denken konnte, die Dampfmaschine fahrbar zu machen, d. h. bevor der Schritt zur Locomotive gethan werden konnte.

Also auch hier spielt das graue Giesserei-Roheisen seine besondere Rolle. Die Blechindustrie verwendet die schwersten Walzen und Walzstrassen.

Ich begnüge mich mit diesen Ausführungen für den Nachweis der Epoche machenden Bedeutung des Giesserei-Roheisens. Nur noch auf die grossartigen Wasserhaltungs-Maschinen mit ihren Riesendampfcylindern, Balanciers, Gestängen, die wir direct oder indirect aus und mit Gusseisen herstellen, will ich hinweisen, um den Nachweis zu vervollständigen, dass ohne graues Roheisen die tief in der Erdrinde lagernden Schätze an Kohlen und Erzen, den modernen Culturträgern, nicht gehoben werden können. Diese allein bestimmen und bedingen den Gang unserer Industrie. —

Gewiss ist es interessant, der Frage, welche Zusammensetzung das Roheisen haben muss, wenn es die oben aufgezählten Eigenschaften,

welche allein die geschilderte Anwendungsfähigkeit bedingen, haben soll, näher zu treten.

Im Wesentlichen sind es zwei Bestandtheile des Roheisens, welche diese Eigenschaften erzeugen: der Kohlenstoff und das Silicium, die desshalb auch bei der Herstellung des grauen Roheisens in angemessener Menge in dasselbe eingebracht werden müssen.

Die Aufnahme des Kohlenstoffs macht keine besonderen Schwierigkeiten. Derselbe ist in grossen Mengen in jedem Hochofen, in dem er als Brennstoff, Reductions- und Kohlungsmittel dient, enthalten und ermöglicht desshalb die innigste Berührung mit dem eben aus den Erzen durch Reduction ausgeschiedenen Eisen, welches somit wol in der Lage ist, Kohlenstoff aufzunehmen.

Die Aufnahmefähigkeit des Eisens für Kohlenstoff ist in heller Rothgluth, überhaupt in höheren Wärmegraden, eine ausserordentlich entwickelte. Bekanntlich geht die Umwandlung kohlenstoffarmer Eisensorten z. B. des Stahls in angemessener Temperatur durch Berührung mit Kohle in kohlenstoffreichere sehr leicht von Statten, wobei dann aber durch die erfolgte Kohlenstoff-Aufnahme der Stahl seine Eigenschaften je nach der Berührungsdauer und dem damit zusammenhängenden Maasse der Aufnahme ganz erheblich verändert haben kann. Der Stahlarbeiter muss desshalb bei der Verarbeitung des Stahles, z. B. beim Ausrecken der Stahlblöcke, sein Augenmerk auf eine ungeeignete Kohlenstoff-Aufnahme ebenso gut gerichtet halten, als er andererseits durch unangemessene Behandlung den Kohlenstoff-Gehalt verbrennen und dadurch wiederum eine ganz andere Qualität erzeugen kann, als der Stahl ursprünglich hatte.

Besondere Beachtung verdient aber die Thatsache, dass das Bindungsvermögen des Eisens für Kohlenstoff, oder, wie die chemische Schule sich ausdrückt, die Verwandtschaft des Eisens zum Kohlenstoff, die in niedrigerer Temperatur relativ unbedeutend ist, mit der wachsenden Temperatur wächst. Man kann desshalb die Aufnahme des Kohlenstoffes durch das Eisen geradezu als eine Function der Temperatur bezeichnen, die jedoch in einen Maximalwerth, der etwa bei $5\frac{1}{4}$ Procent liegt, ausläuft. Allerdings spielt hierbei auch die Zeit, die Aufnahmedauer eine gewisse Rolle, die sich geltend macht, aber nicht genau feststellen lässt.

Diese Thatsache ist von grosser Bedeutung für viele Processe der Eisenhüttentechnik und deren zweckentsprechende Durchführung. Sie erklärt uns, warum bei der Herstellung des Cementstahls z. B. ein Tage langes Beheizen der Cementkisten ohne jeglichen namhaften Erfolg ist, wenn die dem Processe angemessene Temperatur (helle Rothgluth) nicht

erreicht ist, dass aber ein Hinausgehen über dieselbe von nur kurzer Dauer eine unerwünschte Vermehrung des Gehaltes an Kohlenstoff zur Folge hat. Wir erkennen, dass das Tage lang fortgesetzte Heizen in zu niedriger Temperatur — ein richtiges Abwärmen der Kisten vorausgesetzt — nur eine Brennmaterial-Verschwendung ist, dass allein das Bestreben, die maassgebende Temperatur des Processes baldigst zu erreichen, theoretisch richtig und praktisch brauchbar ist.

Jene Thatsache unterrichtet uns über die Unmöglichkeit, in einem Graphit-, beziehungsweise Kohletiegel, wie es leider in dem praktischen Leben so oft versucht wird, einen Gussstahl von bestimmter Qualität herstellen zu können. Sie weist auf den Thontiegel als den allein brauchbaren Hüttenapparat hin, wenn es sich um eine aus dem Einsatz selbst zu berechnende Zusammensetzung des Gussstahles, um die Herstellung eines Stahles von ganz bestimmten Eigenschaften handelt.

Sie klärt uns darüber auf, wesshalb ein Stahl bei schlechtem Ofengange, oft bei zu sehr ausgebrannten Öfen, im Graphittiegel oder auch im Thontiegel, wenn seiner Grundmasse zu viel Kohle zugesetzt ist, um so roher wird, je länger die Schmelzung gedauert hat und damit die Gelegenheit gegeben war, durch eine über die gewöhnliche Erfahrung hinaus gehende Zeit Kohlenstoff aufnehmen zu können.

Sie erklärt uns auch, wesshalb wir im Hochofen mehr Brennstoff aufwenden und eine höhere Temperatur erzeugen müssen, wenn wir Roheisensorten mit einem grösseren Gehalte an Kohlenstoff herstellen wollen. Die grössere Menge Kohle ist in diesem Falle nicht allein erforderlich, um die durch die reichlichere Aufnahme von Kohlenstoff durch das Eisen und durch die, letztere erst ermöglichende höhere Temperatur absorbirte grössere Brennstoffmenge zu liefern, sondern auch um das aus den Erzen reducirte Eisen längere Zeit mit ihr selbst in Berührung zu bringen, weil nur auf diesem Wege eine hinlängliche Kohlenstoffaufnahme stattgreifen kann. Ist das Eisen auf seinem Wege von den unteren Theilen der Rast zum Herde erst in letzterem angelangt und von dem Brennstoff durch die über ihm befindliche Schlacke geschieden, so hört jegliche weitere Kohlenstoffaufnahme auf, die Kohlung ist beendet. Oftmals treten im Gestell sogar andere Processe auf, die wir als rückläufige bezeichnen können, da sie auf Abnahme des Gehaltes an Kohlenstoff hinarbeiten.

Das Vorstehende weist uns auch auf das Bestimmteste darauf hin, dass die Anordnung des Gestelles nicht gleichgültig sein kann, wenn ein kohlenstoffreiches Roheisen hergestellt werden soll, dass vielmehr seine Construction dahin gerichtet sein muss, die Berührung des metallischen Eisens mit dem Brennstoff Behufs Aufnahme von Kohlenstoff möglichst lang in möglichst hoher Temperatur zu bewerkstelligen.

Der zweite nothwendige Bestandtheil des grauen Roheisens ist das Silicium, das wir nach manchen Richtungen als einen Stellvertreter des Kohlenstoffs in demselben ansehen können. Das Silicium wird dem Eisen nicht, wie der Kohlenstoff, in elementarem Zustande geboten; vielmehr muss dasselbe aus der Kieselsäure ausgeschieden werden, bevor es in das Eisen eintreten kann.

Als Rohmaterial für das Silicium beim Hochofenprocess dienen die Eisenerze selbst, welche nur ganz ausnahmsweise Kieselerde nicht enthalten, die Aschenbestandtheile der Brennstoffe, die Wandungen des Ofens, die bis jetzt wenigstens aus einem kieselsäurehaltigen sogenannten sauren Material bestehen, und unter Umständen die Zuschläge selbst.

Die Reduction des Siliciums aus der Kieselsäure ist bekanntlich eine sehr schwierige Aufgabe, die allein unter Einwirkung kräftiger Reductionsmittel in hohen Temperaturen bewerkstelligt werden kann. Ihre Reduction lässt sich jedoch wesentlich erleichtern, wenn das aus diesem Processe hervorgehende Silicium in statu nascendi einen Körper vorfindet, der sich gern mit ihm verbindet. In unserem Falle ist dies das Eisen. Wir haben hier einen Fall, den man als einen Act der prädisponirenden Verwandtschaft bezeichnen könnte. Wesentliche Bedingungen für diesen Vorgang sind einerseits also hohe Temperatur und andererseits freie, wenn möglich unverschlackte, also nicht bereits anderweitig chemisch gebundene Kieselsäure.[1] Je vollkommener diese Bedingungen bei den in Rede stehenden Schmelzprocessen von dem Hüttenmann erfüllt sind, desto leichter geht die erstrebte Silicium-Aufnahme von Statten.

Der Hüttenmann erreicht diese Bedingungen am sichersten, wenn er die bei dem von ihm geleiteten Processe fallenden Schlacken zweckentsprechend zusammensetzt. Diese letzteren dürfen durchaus nicht von dem Standpunkte aus aufgefasst werden, dass sie ein unwesentliches Nebenproduct der Hüttenprocesse seien; es ist dies durchaus nicht der Fall, wiewohl nicht zu leugnen ist, dass sie durch ihre Menge besonders bei armen Erzen oft recht lästig und überaus kostspielig — durch den zu ihrem Abschmelzen erforderlichen beträchtlichen Brennstoff-Aufwand — werden können, zumal, wenn sie, wie leider oft genug, gar nicht verwerthet werden können. Sie sind bei allen unseren Schmelzprocessen unentbehrlich, denn sie allein sind die grossen Regulatoren der

[1] Es darf nicht übersehen werden, dass die Kieselsäure ihren eigentlichen Säurecharakter erst in höheren Temperaturen annimmt, und dies wohl im Wesentlichen desshalb, weil sie den in diesen und besonders bei Schmelzungen auftretenden Dissociations-Wirkungen am längsten widersteht. Sie treibt in höheren Hitzegraden selbst die Schwefel- und Phosphorsäure mit Leichtigkeit aus den entsprechenden Salzen aus, besonders aber bei Gegenwart reducirender Substanzen.

für unsere Hüttenprocesse erforderlichen Temperaturen. Ihre Zusammensetzung allein regulirt in unserem Falle die Beschaffenheit und Eigenschaften der Roheisensorten. Die Bildungs- und Schmelztemperaturen der Schlacken sind ungleich maassgebender für den guten Gang eines Hochofens, als die Schmelzpunkte der mit ihnen fallenden Roheisensorten, zumal diese zum Wesentlichen wiederum bedingt sind durch die Eigenthümlichkeiten der Schlacken selbst. Das leichtflüssigste Roheisen fällt in der Regel bei einer schwer schmelzbaren Schlacke. Ich werde diese interessanten Beziehungen an einer anderen Stelle entwickeln, bedauernd, dass diese Frage meinem jetzigen Thema etwas fern liegt.

Wenn oben ein Maximalgehalt des Roheisens an Kohlenstoff auf empirischer Grundlage festgestellt werden konnte, so ist dies bei dem Silicium unmöglich. Wohl charakterisirte chemische Verbindungen zwischen Eisen und Silicium sind in allen Verhältnissen hergestellt. Demgemäss ist auch der Gehalt des Roheisens an Silicium überaus variabel: man hat Roheisensorten erzeugt, welche bis zu 10 Procent und mehr von demselben enthielten.

In Bezug auf die Bindungsfähigkeit des Eisens für Silicium müssen wir als noch besonders bedeutungsvoll betonen, dass dieselbe im Allgemeinen ungleich kräftiger ausgesprochen ist, als für Kohlenstoff, dass jedoch in ganz hohen Temperaturen, welche aber wohl nur sehr selten bei dem Hochofenprocess erreicht werden, das Verhältniss sich umzukehren scheint. Diese Beziehungen liegen etwas verwickelt. Wir glauben hierfür nachstehende einfache Erklärung gefunden zu haben.

Eine Einwirkung des Siliciums auf das Eisen kann sich in niedrigen Hitzegraden in den praktisch vorkommenden Fällen schon desshalb nicht geltend machen, weil wir es bei denselben als solches noch nicht zur Verfügung haben, wie den Kohlenstoff, der in den Brennstoffen in jeder beliebigen Menge sich dem Eisen darbietet und eine so vielseitige Rolle in dem Eisenhüttenprocess spielt. Auch ist nicht zu übersehen, dass Silicium und Eisen erst in der Nähe ihrer Schmelzpunkte auf einander einwirken, wohingegen bei der Herstellung des Roheisens auch noch gasförmige Producte, welche Kohlenstoff enthalten und diesen dem Eisen wegen ihres gasförmigen Zustandes leicht zuführen können, auftreten.

Selbst der Kohlenstoff, welchen das Eisen aus den Brennstoffen entnimmt, tritt unter Umständen schon in relativ niedriger Temperatur mit einer überraschenden Leichtigkeit in dasselbe ein. Zur Erklärung der letzteren Thatsache wollen wir hier ergänzend noch bemerken, dass die in Rede stehende chemische Activität der zum Hüttenbetriebe verwendeten verkohlten Brennstoffe ganz und gar von der Temperatur abhängt, bei welcher sie entstanden sind. Wie die niedrig liegende Ent-

zündungstemperatur der Holzkohle derjenigen Temperatur entspricht, bei welcher sie aus dem Holze herausgebrannt ist, wie dieselbe erheblich niedriger liegt, als die des Koks, der zu seiner Herstellung einer ungleich höheren Temperatur bedarf, welche wir bei den Versuchen, ihn zu entzünden und zu verbrennen wiederum erreichen müssen, wenn wir Erfolg haben wollen; so regeln sich alle übrigen Processe, welche wir unter wesentlichster Mitwirkung dieser Brennstoffe ausführen nach diesen Beziehungen. Je höher die Herstellungstemperatur eines verkohlten Brennstoffes lag, je dichter er in Folge seiner Herstellung wurde, je länger er einer hohen Temperatur ausgesetzt war, desto geringer seine chemische Activität, desto mehr und zwar hochgradige Wärme muss ihm zugeführt werden, bevor er wieder chemisch activ werden kann. Für Temperaturen, welche unter der seiner Entstehung liegen, hat er seine chemische Activität fast ganz verloren.

In dem Holzkohlenofen wird desshalb eine kräftigere Kohlung des Eisens schon in ungleich niedrigeren Temperaturen eintreten können, als in dem Koks- bezw. Anthracitofen. Der Anthracit verhält sich zufolge der dem Koks analogen Zusammensetzung und seiner dichteren Beschaffenheit wie dieser selbst.[1]

Das Silicium dagegen muss in allen diesen Fällen erst aus der Kieselsäure reducirt werden, was selbst in der Wirkungssphäre des metallischen Eisens nur in hoher Temperatur vor sich geht, und somit kann es bei der hüttenmännischen Darstellung des Roheisens nur in hohen Hitzegraden von demselben aufgenommen werden. Wir dürfen annehmen, dass dies in der Regel erst dann geschieht, wenn das Eisen schon beträchtliche Mengen von Kohlenstoff aufgenommen hat, mithin erst gegen das Ende der zur Ausscheidung des Eisens aus den Erzen erforderlichen Operationen. Da nun unter diesen Umständen das Eisen bereits sehr leichtschmelzig (durch die oben angedeutete Kohlenstoffaufnahme) geworden ist, so folgt daraus mit Nothwendigkeit die Schwie-

[1] Die im Texte geschilderten Beziehungen sind ausserordentlich wichtig für die Beurtheilung der Anwendungsfähigkeit der verkohlten und unverkohlten Brennstoffe für eine ganze Reihe von chemischen und hüttenmännischen Processen, bei deren Durchführung die genannten Brennstoffe als Reductions-, Absorptions-, Kohlungs-, Entzündungs-, Verbrennungsmittel benutzt werden sollen. So erklären sie uns die eigenthümlichen Erscheinungen, welche die sogenannte verbrannte Holzkohle bei ihrer Anwendung in den verschiedensten Industrien, z. B. bei der Pulverfabrication bietet, die Unzulänglichkeit bereits benutzter Holzkohle beim Cementiren des Stahles, die in Folge der bei dem ersten Gebrauche stattgehabten Erhitzung, welcher sie bekanntlich mehrere Tage lang ausgesetzt war, chemisch indifferent geworden ist, die Unbrauchbarkeit des Koks für diesen Process, das mangelnde Absorptionsvermögen desselben für Gase, Flüssigkeiten u. s. w. Richtig verstanden, geben sie uns einen Anhaltspunkt für die apriorische Beurtheilung des Erfolges mancher Processe.

rigkeit, bei basisch gehaltenen Beschickungen, wie sie bei der Verwendung von Koks als Brennstoff zur Elimination des Schwefelgehaltes der Beschickung erforderlich sind, beträchtliche Mengen von Silicium in das Roheisen zu bringen. Am zweckmässigsten wird dies erreicht durch besonders hochgesteigerte Temperatur im Schmelzraum des Hochofens. Diese nun wird bei der Benutzung von Koks zum Schmelzen am leichtesten erzielt, wenn die Schlacke noch basischer gesetzt wird. Der hierdurch allerdings erwachsende Brennstoff-Aufwand kann nicht umgangen werden und trägt nun auch seinerseits noch zu einer Vermehrung des Kohlenstoffgehaltes des grauen Roheisens bei. Das Paradoxe, welches in dem Vorstehenden liegt, insbesondere die eigenthümliche Thatsache, dass bei einer Schlacke, welche absichtlich arm an Kieselsäure gehalten ist und gerade desshalb eine hohe Bildungs- und Schmelzungstemperatur besitzt, noch Silicium ausgeschieden werden kann, erklärt sich dadurch ganz ungezwungen, dass die Brennstoffe in den tiefsten Schichten des Gestells erhebliche Mengen von Kieselsäure in unmittelbarer Berührung mit Kohle für den vorliegenden Reductionsprocess zur Verfügung stellen, und dass die Zerlegung der Kieselsäure mittelst Kohle durch die enorme Temperatur im Gestelle und das beständig überrieselnde geschmolzene Eisen ziemlich leicht von Statten geht.

Ob die Verbindungsfähigkeit des Siliciums mit dem Eisen mit wachsender Temperatur wächst, wollen wir für jetzt nicht entscheiden. Thatsachen, welche ein endgültiges Urtheil über diesen für die Hüttentechnik interessanten Punkt zu fällen gestatten, liegen nicht in hinlänglicher Klarheit vor. Die praktischen Verhältnisse sind schwer zu durchschauen, weil wir es dabei stets zunächst mit einem selbst noch nicht allseitig genug erforschten Reductionsprozesse, dem der Kieselsäure zu Silicium, zu thun haben, der, wie es scheint, unter verschiedenen Umständen in ganz verschiedenen Temperaturen zu verlaufen vermag. Soweit wir die hier vorliegenden complicirten Verhältnisse beobachten konnten, können wir nur die Vermuthung aussprechen, dass die Verwandtschaftskraft des Siliciums zum Eisen nicht wesentlich alterirt wird in verschiedenen Temperaturen, dass sie höchstens nach oben hin um ein Weniges wächst.

Ist nun aber das Silicium in das Eisen eingetreten, so tritt es auch sofort mit seiner ganzen chemischen Bindungskraft in die Schranken und entfernt unter Umständen, die wir später noch ausführlich beleuchten werden, den vorher reichlich aufgenommenen Kohlenstoff aus seiner Verbindung mit dem Eisen.

Dieses Überwuchern der Affinität des Siliciums über die des Kohlenstoffs zum Eisen erklärt uns auch recht gut die mehrfach bestätigte

Thatsache, dass selbst auf Kosten des Kohlenstoffs des Roheisens Kieselsäure reducirt und das gebildete Silicium in das Eisen eintreten kann.

Aus dem vorstehend Entwickelten geht hervor, dass das Eisen sich in den höchsten Temperaturen, welche wir in unseren Hochöfen durch einen beträchtlichen Brennstoffaufwand, durch erhitzten Wind und eine Schlacke von möglichst hoher Bildungstemperatur erreichen können, in einem beträchtlichen Maassstabe mit Silicium und Kohlenstoff sättigen kann, wobei die Abwesenheit des Mangans vorausgesetzt, der Gehalt an Kohlenstoff niemals über $5^1/_4$ Procent hinausgehen wird, dahingegen der an Silicium höher steigen kann. Allerdings wird nur sehr selten eine Beschickung derart gewählt werden, dass ein solches Maximum resultiren würde, weil es bis jetzt keinen praktischen Zweck haben dürfte.

Hat nun ferner das Eisen sich in hohen Temperaturen mit Silicium und Kohlenstoff annäherungsweise gesättigt, so kann es bei sinkender Temperatur nicht mehr die ganze Menge beider Elemente festhalten, ja es ist nicht einmal wegen der geringen Affinität des Eisens zum Kohlenstoff in niederer Temperatur eine hochgradige Aufnahme desselben erforderlich, wenn nur eine nicht gar zu geringe Menge des energisch festgehaltenen Siliciums vorhanden ist, um eine Ausscheidung an Kohlenstoff hervorzurufen. Mit Nothwendigkeit, können wir sagen, muss unter solchen Umständen der Kohlenstoff ausscheiden, und er thut das auch und zwar in der Form kleiner grauer Blättchen, Körnchen, Lamellen, die allgemein als Hochofengraphit, ungebundener Kohlenstoff, $C_β$, bezeichnet werden.

Wir können die in dem Vorstehenden entwickelten Ansichten über das Verhalten des Siliciums und Kohlenstoffs zum Eisen dazu benutzen, um eine ganze Reihe von praktischen Erfahrungen zu erklären und Verhaltungsmaassregeln für die Ausführung der technischen Operationen abzuleiten. Wir wollen hier nur einige Folgerungen entwickeln.

Wird Stahl in einem Thontiegel längere Zeit erhitzt, so nimmt er allmälig Silicium aus der Tiegelwand auf und verliert seine Qualität. Diese Einwirkung tritt besonders dann auf, wenn man Schwierigkeiten hat, den zum Ausgiessen des Stahls erforderlichen Dünnfluss, d. h. die Gahre des Schmelzgutes, zu erreichen, der Stahl mithin übermässig lange in dem Thontiegel einer hohen Temperatur ausgesetzt wird. Häufig hat man in Etablissements, welche vorübergehend schwach beschäftigt waren und die Schmelzoperationen absichtlich in die Länge zogen, um den Turnus der Arbeitsstunden beizubehalten, die Erfahrung gemacht, dass die unter solchen Verhältnissen erzeugten Stahlblöcke sich geringwerthiger zeigten, als sie erfahrungsmässig zufolge der Qualität der eingeschmolzenen Rohmaterialien sein durften. Auch hier hat in der Regel

eine beträchtliche Siliciumaufnahme stattgehabt, die aus dem Kieselsäuregehalte der Tiegelwandung ihren Ursprung nahm.

Am allerinteressantesten sind aber diejenigen Erscheinungen, welche bei der Herstellung des Giesserei-Roheisens auftreten. Wir beabsichtigten hier zunächst diejenigen Vorkommnisse zu schildern, welche auftreten, wenn hochgahre und gahre Roheisensorten fabricirt werden.

In diesem Falle ist die Beschickung des Hochofens derart gesetzt, dass bei Koksbetrieb eine basische, bei Holzkohlenbetrieb eine saure Schlacke fällt. In beiden Fällen — wir verzichten an dieser Stelle auf eine Untersuchung der Gründe, welche den Hüttenmann nöthigen, auf einem gewissermaassen entgegengesetztem Wege dasselbe Resultat, graues Eisen, durch seine Operationen zu erzielen, je nachdem er Koks oder Holzkohlen als Brennstoff benutzt, — haben wir schwerschmelzige Schlacken, — die basische Kalkschlacke erfordert allerdings zu ihrer Bildung eine ungleich höhere Temperatur, als die saure des Hochofens — und wir müssen desshalb erheblich mehr Brennstoff aufwenden, als wenn wir Frischerei-Roheisen aus denselben Erzen herstellen wollten.

Dem solchermaassen vermehrten Brennstoff-Aufwand entspricht eine grössere Windmenge, wesshalb die Production sinkt, wenn das zur Verfügung stehende Gebläse das Einblasen einer grösseren Windmenge nicht gestattet. Das reducirte Eisen wird in Folge dessen länger mit der Kohle in Berührung bleiben, und zwar aus einem doppelten Grunde, einmal, weil der Hochofen eine erheblich grössere Brennstoffmenge enthält und desshalb in demselben Maasse die des Möllers in ihm abnehmen muss; dann aber, weil das Abschmelzen derselben Menge Eisens nunmehr längere Zeit in Anspruch nimmt.

Das reducirte Eisen hat in Folge dieser Anordnungen erheblich vermehrte Gelegenheit, sich mit Kohlenstoff sättigen zu können. Ebenso wird aber durch die hohe Temperatur des Ofens die Silicium-Aufnahme beträchtlich vermehrt. Je schwerschmelziger die Beschickung, je höher die Temperatur, desto leichter die Aufnahme beider Elemente durch das Eisen.

Aus praktischen Gründen geht man allerdings nicht leicht weiter beim Eintreiben des Kohlenstoffs und des Siliciums in das Eisen, als bis zu etwa $4^1/_4$ Procent bei jenem, $3^1/_2$ Procent bei diesem. Der Betrieb würde dadurch ebenso kostspielig als gewagt werden, auch das entstehende Eisen schwerlich Absatz finden. Wir sehen hier von der Erzeugung des Ferrosiliciums ab, bei dessen Herstellung ganz andere Factoren spielen, als bei der gewöhnlichen Giesserei-Roheisens.

In Folge der für diese Processe erforderlichen hohen Schlackenbildungs-Temperatur, welche ersichtlich die ganze Entwickelung des

Processes leitet, regulirt, erreicht nun das derart gewonnene Roheisen in dem Hochofen eine Temperatur, welche erheblich über die seines Schmelzpunktes, der noch überdies in Folge des hochgradigen Kohlenstoff- und Siliciumgehaltes sehr niedrig liegt, hinausgeht. Wird solches Eisen abgestochen, so verliert es in Folge von Leitung und Strahlung einen Theil seiner Wärme; seine Temperatur sinkt rasch und nun zeigen sich verschiedene interessante Erscheinungen, die wir sorgfältig verfolgen müssen.

Die Temperaturabnahme ist mit einer Abnahme der Affinität des Eisens insbesondere für den Kohlenstoff, weniger oder gar nicht für das Silicium verbunden, wie wir oben entwickelt haben. Dieser Einfluss wird sich, wenn die Sättigung annäherungsweise erreicht ist, dadurch geltend machen, dass sich Kohlenstoff ausscheidet, und das geschieht, besonders bei dem übergahren Eisen, auch sofort, nachdem es den Hochofen verlassen hat, und wird um so intensiver, je mehr und je rascher die Temperatur sinkt. Derjenige Kohlenstoff, welcher nunmehr nicht länger von dem Eisen zurückgehalten werden kann, steigt vermöge seines geringen specifischen Gewichtes (2.2) wie ein Schaum auf die Oberfläche des fliessenden Eisens, auf welcher es schwimmt, hebt sich sogar, je nach dem Auftriebe, von derselben ab und verbreitet sich, durch die von dem hoch erhitzten Eisen aufströmende Luft emporgehoben, als Staub bezw. in kleinen Flittern und Lamellen durch die Räume der Giesshalle. Diese bekannte Erscheinung, welche bei gahrem Gange des Hochofens besonders bei Umschlag der Witterung von anhaltendem Regen zur Trockenheit sich zeigt, nennt der Hüttenmann die Gahrschaumbildung. Wir erkennen, dass das Roheisen unter Umständen einen Theil des Graphits ausscheidet, und haben später noch die Gründe anzugeben, wesshalb unter anderen Verhältnissen der allerdings gleichfalls ausscheidende, aber durch die ganze Masse des Roheisens als C_3 verbreitete Kohlenstoff nicht ebenso, wie der Gahrschaum, auf die Oberfläche des Roheisens tritt und sich dadurch von demselben auch räumlich absondert.

Untersuchen wir nun ferner ein erkaltetes Stück derartigen Roheisens, welches die Gahrschaumbildung zeigte, auf seine genauere Zusammensetzung, nehmen wir dabei die Loupe, das Mikroskop zur Hülfe, so finden wir, dass das Eisen tief grau, fast schwarz aussieht von grösseren oder kleineren Graphittheilchen in Korn-, Blatt- etc. Form, dass es durch und durch mit Graphit durchwachsen ist, dass sich derselbe auch überall ausgeschieden hat, dass er in einzelnen Höhlungen, Drusen in grösseren Massen angesammelt ist. Wie der Graphit selbst oft in derben Stücken auftritt, so erscheint auch das Eisen in der Regel grob krystallinisch. Es ist überaus mürbe, weich, wenig resistent gegen Stösse.

Wir beabsichtigen nicht, die wohlbekannten Eigenschaften des grauen Roheisens hier zu beschreiben, ebenso wenig die verschiedenen Abweichungen, in welchen dasselbe auf den verschiedenen Hüttenwerken zu den so überaus mannigfachen Zwecken des praktischen Lebens hergestellt wird. Es ist begreiflich, dass man allmälig gelernt hat, je nach den Erzen und der Möllerung die verschiedensten Arten vom siliciumarmen bis siliciumreichen zu erzeugen, und damit die geringeren oder beträchtlicheren Ausscheidungen von Kohlenstoff zu bewerkstelligen, die von den Abnehmern verlangt werden. Wir wollen hier nur ausdrücklich constatiren, ohne Silicium kein Giesserei-Roheisen.

Andererseits aber müssen wir noch daran erinnern, dass eine sorgfältige chemische Untersuchung des grauen Roheisens ergeben hat, dass in demselben nicht allein freier, unverbundener Kohlenstoff, der Graphit, auftritt, sondern dass vielmehr auch noch mehr oder weniger erhebliche Mengen von gebundenem Kohlenstoff, die mithin durch die überwiegende Einwirkung des Siliciums aus seiner Verbindung mit dem Eisen nicht ausgetrieben werden konnten, enthalten sind. Dieser Gehalt an gebundenem Kohlenstoff ist ausserordentlich bedeutungsvoll für die physikalischen und mechanischen Eigenschaften des grauen Roheisens. Wir erinnern daran, dass Eisen in demselben Maasse spröder und härter und desshalb auch weniger bearbeitungsfähig, andererseits aber auch um so leichtflüssiger wird, als sein Gehalt an chemisch-gebundenem Kohlenstoff, dem C_a, zunimmt.

Nun ist aber diese Mengung von chemisch-gebundenem und ungebundenem Kohlenstoff überaus charakteristisch für das graue Roheisen, dessen Eigenschaften und die daraus resultirende praktische Anwendungsfähigkeit.

Die Giesserei-Roheisensorten des Handels unterscheiden sich in dem Gesammtgehalte an gebundenem und ungebundenem Kohlenstoff nicht gerade auffallend; wohl aber schwankt ihr Gehalt an der einen oder anderen Modification des Kohlenstoffs beträchtlich, bedingt einerseits durch den Gehalt an Silicium, andererseits aber auch durch Erstarrungsphänomene, deren Wirkungen jedoch leicht auf die oben entwickelten Ursachen zurückzuführen sind, so dass eine einheitliche Ursache alle die so variabelen Erscheinungen der hier in Erwägung gezogenen Hüttentechnik umschlingt. Ist der Siliciumgehalt des Roheisens beträchtlich, die Erstarrung des geschmolzenen Eisens nicht absichtlich beschleunigt, die Abkühlung vielmehr verlangsamt: so können wir mit Gewissheit darauf rechnen, dass der Gehalt an Graphit gleichfalls beträchtlich, der an gebundenem Kohlenstoff gering ist. Andere Beimengungen, welche im Giesserei-Roheisen ziemlich regelmässig auftreten — das graue Roheisen

enthält wegen der enorm hohen Temperatur, die zu seiner Herstellung, wie wir sahen, erforderlich ist, stets ungleich mehr andere Elemente, als das Frischerei-Roheisen; der hohen Hitze erliegen allmälig auch für gewöhnlich nur schwierig zu zerlegende Verbindungen. Selbst die Erden fangen an, zum Theil reducirt zu werden und treten auch in das Metall ein — insbesondere Schwefel, Phosphor, Mangan wirken der Ausscheidung des Kohlenstoffs in der Modification des Graphits (C_β) entgegen, spielen aber bei guten Giesserei-Roheisensorten — mit Ausnahme gewisser Mengen Mangan — eine nur untergeordnete Rolle, deren Untersuchung an dieser Stelle nicht beabsichtigt wird.

Betrachten wir desshalb die Bedeutung des verschiedenen Gehaltes an gebundenem und ungebundenem Kohlenstoff für das Giesserei-Roheisen ohne Rücksicht auf die genannten anderen Beimengungen.

Wollen wir diese Bedeutung möglichst klar entwickeln, so müssen wir bei einem Materiale, welches der Techniker sowohl umschmelzen, also in hohen Hitzegraden, wie auch mit der Feile, dem Bohrer u. s. w. bearbeiten, also in gewöhnlicher Temperatur behandeln muss, zwischen seinen von jenem variablen Gehalte an beiderlei Arten Kohlenstoff abhängigen Eigenschaften in der Hitze und in normalen Temperaturgraden unterscheiden. Beginnen wir mit den Eigenschaften, die es in gewöhnlicher Temperatur hat.

Hier macht sich wesentlich nur der Einfluss des gebundenen Kohlenstoffs geltend. Wir erinnern daran, dass Eisen sich bearbeiten, also bohren, drehen, feilen, hobeln lässt, wenn der Gehalt von C_α nicht über 1.8 bis 2.0 Procent hinausgeht, dies unter der Voraussetzung, dass weder Schwefel noch Phosphor in erheblicher Menge in demselben enthalten seien, letzteres zumal, wenn der Gehalt an Kohlenstoff bis an 2 Procent geht. Eisen, welches keinen gebundenen Kohlenstoff, oder aber denselben nur in geringen Mengen enthält, lässt sich auch noch schmieden, und ist warm und kalt vorzüglich bearbeitungsfähig, conservirt jedoch mit wachsendem Gehalt an gebundenem Kohlenstoff diese Eigenschaften um so weniger, je höher es erhitzt wird.

Steigt die Menge des gebundenen Kohlenstoffs über den angegebenen Werth unter der angedeuteten Voraussetzung, so ist eine Bearbeitung, die technischen Werth hätte, nicht mehr möglich. Eine Ausnahme hiervon macht der Hartguss, i. sp. die in Hartguss hergestellte Walze, die bekanntlich überaus schwierig zu bearbeiten ist und desshalb auch einen ungewöhnlich hohen Preis hat.

Eisen ist um so leichter zu bearbeiten, je geringer sein Gehalt an gebundenem Kohlenstoff ist. Ebenso wächst auch seine Dehnbarkeit mit der Abnahme des Gehaltes an demselben. Dahingegen scheint seine

grösste Festigkeit bei einem Gehalte von etwa 1 bis $1^1/_4$ Procent an C_α am bedeutendsten zu sein.

Die Zusammensetzung des allgemein verwendeten Giesserei-Roheisens ist nun generell eine solche, dass der Gehalt an chemisch-gebundenem Kohlenstoff von minimalen Mengen bis zu etwa 1.5 bis 1.8 Procent schwankt. Der Gehalt an C_β nimmt ergänzend zu oder ab. Geht der Gehalt an chemisch-gebundenem Kohlenstoff etwa nur bis 0.2, höchstens 0.3 Procent, so lässt sich das Roheisen ausserordentlich leicht mit Stahlwerkzeugen behandeln; es hat alsdann den Charakter des Schmiede- bezw. Flusseisens, welche bekanntlich ausserordentlich weich und desshalb leicht zu bearbeiten sind, angenommen. Ja, es verhält sich den gewöhnlichen Werkzeugen gegenüber noch erheblich weniger widerstandsfähig, als die genannten Eisensorten, da seine Molecüle nicht innig mit einander verbunden, sondern vielmehr durch den weichen Graphit, der einem scharfen Schneidewerkzeug fast gar keinen Widerstand entgegensetzt und sich zwischen sie gelagert hat, getrennt sind. Ein solches Eisen ist desshalb auch in der Regel nur wenig fest und kann heftige Stösse nicht aushalten. Gewöhnlich ist es auch grobkörnig gefügt, und gerade dieser Umstand, verbunden mit Ausscheidungen des Graphits in beträchtlicheren zusammenhängenden Massen, die dann ganze Drusenräume ausfüllen, bedingt seine grosse Brüchigkeit.

Das Gefüge eines Körpers entscheidet in erster Reihe über seine Festigkeit. Ist dasselbe sehr fein, dicht und zackig, so bietet es einen beträchtlichen Widerstand gegen Druck, Stoss und Zug; ist dasselbe grobkörnig, lamellös und, wie bei grob ausgebildeten krystallinischen Massen in der Regel, nicht innig durch- und verwachsen, so nimmt der Widerstand ganz erheblich ab. Lagern sich Theilchen eines weichen Körpers überdies noch zwischen die grob gefügten Krystalle lose an und durchdringen dieselben, wenn auch nur im feinsten Staube, ganz und gar, so nimmt die Continuität des Körpers ganz erheblich ab und kann deshalb von einem irgendwie erheblichen Widerstande desselben gegen mechanische Gewalt nicht mehr die Rede sein.

Bei gutem Giesserei-Roheisen tritt dieser Fall leicht ein, wenn in der an chemisch-gebundenem Kohlenstoff armen Grundmasse desselben in Folge einer absichtlich hervorgerufenen langsamen Erstarrung viel Kohlenstoff sich ausscheiden musste, und sie selbst das grobe Gefüge annahm, welches Eisen, das arm an gebundenem Kohlenstoff ist, bei langsamer Erstarrung stets annimmt, mag es C_β enthalten oder nicht. Es ist eine überaus interessante Erscheinung, dass Eisen, welches arm, und ebenso solches, welches reich an gebundenem Kohlenstoff ist, Neigung zur Bildung grosser Krystalle hat. Eisen mit einem

Gehalte von 0.8 bis 1.3 Procent an gebundenem Kohlenstoff hat unter den gewöhnlichen Verhältnissen das feinste Korn. Von diesem Gehalte ab wächst also das Korn des Eisens sowohl bei abnehmendem, als zunehmendem Gehalte an chemisch-gebundenem Kohlenstoff. Durch rapide Abkühlung kann bei jeglichem Gehalte an gebundenem Kohlenstoff die Neigung zur Bildung eines groben Korns verhindert werden, ebenso durch Schlag und Stoss, wie andererseits durch langsame Abkühlung die Neigung zur Ausbildung eines groben Korns vermehrt wird. Aber der materielle Einfluss der Zusammensetzung der Eisensorten auf diese Eigenthümlichkeit wird stets seine Spuren zeigen, und so repräsentirt ein Stahl von etwa rund 1 Procent Gehalt an Kohlenstoff, welcher Stahl plötzlich abgekühlt ist, unzweifelhaft das feinste, gleichmässigste Korn und verbindet damit auch, Abwesenheit von Beimengungen, die ein guter Stahl überhaupt nicht haben soll, vorausgesetzt, bei der grössten Härte die grösste Festigkeit.

Nach seiner Zusammensetzung und seinen durch diese bedingten Eigenschaften sehen wir also das Giesserei-Roheisen je nach seinem Gehalte an chemisch-gebundenem Kohlenstoff als eine Abart des Schmiedeeisens oder des Stahles an, dessen Eigenschaften um desshalb nicht rein zu Tage treten können, weil dieselben durch den zwischen die Bestandtheile der Grundmasse gelagerten und ausgeschiedenen freien Kohlenstoff, den C_3, mehr oder weniger alterirt werden. Dass seine Qualität in ähnlicher Weise, wie bei Schmiedeeisen und Stahl, auch durch einen Gehalt an Schwefel, Phosphor, Arsen, Mangan u. s. w. verändert wird und zwar auch ganz in einem ähnlichen Sinne, unterliegt keinem Zweifel. Selbst der unentbehrliche Gehalt an Silicium, das wir nicht einmal durch den Hüttenprocess eliminiren dürfen, wirkt besonders in grösseren Mengen nachtheilig: es macht das Eisen alsdann faulbrüchig.

Das Verhalten des grauen Giesserei-Roheisens ist nun aber in höherer und höchster Temperatur ganz besonders interessant und bedarf einer ausführlichen Beleuchtung. Sehen wir uns zunächst sein Verhalten in Temperaturen an, welche unter seinem Schmelzpunkte liegen.

Bis zur hellen Rothgluth erwärmt, aber noch hinlänglich entfernt von seinem Schmelzpunkte, lässt es sich weder hämmern, noch walzen, noch biegen, überhaupt irgend einer mechanischen Arbeit unterziehen. In diesen Hitzegraden verliert es diejenigen Eigenschaften, welche den Parallelismus desselben mit dem Schmiedeeisen und Stahl in gewöhnlicher Temperatur bedingen. Aber diese Abweichung erklärt sich leicht. Sie hängt damit zusammen, dass die Beimengungen, welche es ausser dem chemisch-gebundenen Kohlenstoff enthält, und welche fast aus-

nahmslos in ihm in erheblich grösseren Mengen, als im Schmiedeeisen, beziehungsweise im Stahle enthalten sind, ausnahmslos in hohen Temperaturen ihre besonders nachtheiligen Wirkungen ausüben. Der meistens nicht unbedeutende Gehalt an Schwefel macht das Eisen rothbrüchig; ebenso der stets beträchtliche Gehalt an Silicium. Schmiedeeisen und Stahl, welche über 0.05 Procent Schwefel, über 0.5 Procent Phosphor und über 2 Silicium enthalten, Mengen, welche in den renommirtesten Roheisen sehr häufig auftreten, sind gleichfalls in hohen Temperaturgraden nicht zu bearbeiten, würden überdies aber auch in gewöhnlicher Temperatur unzweifelhaft nur eine sehr geringe Festigkeit besitzen. Wäre es überdies noch möglich, zwischen die kleinsten Theilchen, welche sie bilden, irgend eine nicht metallische und mit ihnen nicht verwachsene Substanz abzulagern, so dürfte die Analogie eine vollständige sein. Kurz, die eigenthümliche Zusammensetzung des Roheisens macht sich bei der Untersuchung seiner mechanischen Eigenschaften in höherer Temperatur geltend.

Unmöglich ist es aber nicht, dass in den höheren Temperaturgraden noch eine andere Beziehung eingreift, welche für die Erklärung der Constitution des Roheisens von grosser Wichtigkeit ist, besonders aber für die Maassnahmen des Giessereitechnikers eine bedeutende Tragweite hat.

Wir haben oben die wichtige Thatsache begründet, dass das Eisen um so leichter den Kohlenstoff im gebundenen Zustande aufzunehmen vermöge, je höher die Temperatur sei, in welcher diese Einwirkung stattfinde. Ist nun in einem Roheisen unter gleichzeitiger Einwirkung eines Gehaltes an Silicium und einer Temperatur-Erniedrigung vorher gebundener Kohlenstoff als Graphit ausgeschieden, so wird bei einer entsprechenden Temperatur-Erhöhung dieser Graphit, der in der innigsten Berührung mit dem Eisen sich befindet und durch die ganze Masse desselben verbreitet ist, wieder gebunden, mithin in C_α verwandelt werden, und dies um so leichter, je höher wir das Eisen erwärmen und je geeigneter, in Folge dieser Erwärmung, der Aggregatzustand desselben für eine solche Einwirkung ist. Hierzu wird es einer bestimmten Zeit bedürfen, die von der Temperatur wiederum abhängig ist. Die Umwandlung des C_β in C_α, d. h. die chemische Bindung des Graphits durch das Eisen wird langsam vor sich gehen, so lange dasselbe noch starr ist und seine Molecüle keine oder nur eine geringe Beweglichkeit haben; wird das Eisen aber durch die Wärme, welche ihm zugeführt wird, geschmolzen und können nunmehr die Molecüle in Folge ihrer Flüssigkeit kräftiger aufeinander reagiren, wächst überdies gleichzeitig mit der steigenden Temperatur die Bindungskraft des Eisens für den

Kohlenstoff, der sich ihm in diesem Falle als C_β bietet, so wird die ganze Menge des ausgeschiedenen Graphits recht rasch von dem Eisen chemisch assimilirt, d. h. in die gebundene Form übergeführt sein.

Gehen wir noch einmal zurück auf das Eisen, wenn es sich in einem Hitzegrade befindet, der noch unter seinem Schmelzpunkte liegt, wenn es mithin noch nicht geschmolzen ist; so wird bis zu einem gewissen Grade die Umwandlung des C_β in C_α gleichwohl stattfinden und in Folge derselben eine Zwischenstufe entstehen, die 1.5 bis 2 Procent und selbst mehr gebundenen Kohlenstoff enthalten mag. Solches Eisen würde als blosses Kohlenstoffeisen auch nicht mehr hämmerbar sein. Je länger die Erhitzung dauert, je weiter der Umwandlungsprocess vorgeschritten ist, desto weniger hämmerbar wird ein solches graues Eisen sein. Es wird von Moment zu Moment seine Eigenschaften wechseln; es muss roth-faulbrüchig werden.

Die unter dem Schmelzpunkte des Giesserei-Eisens ganz allmälige, über demselben rapide Umwandlung des C_β in C_α giebt uns noch über manche andere Thatsache interessante Aufschlüsse.

Zunächst können wir uns von diesem Gesichtspunkte aus ohne alle Schwierigkeit erklären, warum nur das bei übergahrem Gange des Hochofens fallende Eisen die Erscheinung der Gahrschaumbildung zeigt, warum aber nicht jedes Eisen und selbst nicht das bei dem Gahrgang gewonnene diese Erscheinung bietet, wenn es von Neuem umgeschmolzen wird. Oftmals hat man es als eine unerklärliche Thatsache hingestellt, dass sich überhaupt durch die ganze Masse des Eisens Graphit auszuscheiden vermöge, bezw. dass dieser Graphit bei dem Umschmelzen sich vermöge seines specifischen Gewichtes nicht abscheide und auf der Oberfläche des Schmelzgutes ablagere. Es hängt diese Frage zusammen mit der analogen: in welchem Zustande befindet sich der Kohlenstoff in dem geschmolzenen Eisen? ist er in demselben nur im gebundenen Zustande enthalten, oder im gebundenen und ungebundenen?

Erinnern wir uns der oben gegebenen Erklärung der Gahrschaumbildung und halten wir fest, dass dieselbe bei übergahrem Eisen bis nahe zur Erstarrung statthaben muss. Das Roheisen hat bis dahin das an Kohlenstoff ausgeschieden, was es durch den übergahren Gang des Hochofens überschüssig aufgenommen hatte; der Überschuss musste der sinkenden Temperatur weichen: der Gehalt an gebundenem Kohlenstoff entspricht ganz genau der jedesmaligen Temperatur und dem Gehalte an Silicium, welcher nicht alterirt wird.

Gelangt nun das Eisen zur Erstarrung, so hat es unmittelbar vor derselben genau so viel Kohlenstoff als Gahrschaum abgesondert, wie

seiner Temperatur und seinem Siliciumgehalte entspricht; seine Ausscheidungsfähigkeit für Kohlenstoff ist, möchten wir sagen, bei der herrschenden Temperatur total erschöpft. Würde das Eisen durch ein künstliches Mittel in dieser Temperatur verharren, so könnte eine weitere Ausscheidung von Gahrschaum nicht eintreten. Es enthält unter diesen Verhältnissen genau diejenige Menge Kohlenstoff im gebundenen Zustande, welches es unter eben diesen Bedingungen enthalten kann. Steht es unmittelbar vor der Erstarrung und nimmt seine Temperatur von Neuem wiederum ab, so wird sich von Neuem in Folge seiner durch die Temperatur-Verminderung verringerten Affinität zum Kohlenstoff ein Theil desselben ausscheiden müssen, der nunmehr aber nicht auf die Oberfläche des Metallbades steigen kann, weil dieses in demselben Momente seine Beweglichkeit einbüsst, d. h. steif wird, erstarrt. Der Graphit wird sich durch die ganze Masse ablagern, sich aller Orten in derselben ausscheiden, weil dieses Phänomen sich über die ganze Schmelzmasse verbreitet. Nach oben hin dürfte unter Umständen ein letzter Auftrieb des Graphits versucht werden; im Innern, wo die Masse später erstarrt, werden sich in Folge der Contraction durch Wärmeabnahme kleinste Drusen bilden und sich mit Graphit auskleiden. Das sehen wir auch in der That bei jeder Massel vom Gahrgange.

Ist ein Giesserei-Roheisen vermöge seiner Herstellung weder mit Kohlenstoff, noch mit Silicium gesättigt, so kann Gahrschaumbildung vor dem Erstarren nicht eintreten. Während und nach der Erstarrung aber wird Graphit, jedoch nicht mehr sich ausscheiden, als der Gehalt an Silicium bedingt. Ist der Gehalt an Silicium gering, so wird unter Umständen gar kein oder nur wenig Graphit sich ausscheiden; es entstehen die halbirten, sogar die weissen Roheisensorten, die auch allmälig aus dem grauen Giesserei-Roheisen hervorzugehen vermögen, wenn durch wiederholtes Umschmelzen das Silicium immer mehr und mehr verbrannt, also aus dem Roheisen eliminirt und damit die Ursache der Kohlenstoff-Ausscheidung beseitigt wird. In dem Maasse, als das Roheisen durch wiederholtes Umschmelzen ärmer an C_β, reicher an C_α wird, wird es härter, weniger bearbeitbar, wächst das Schwindungsvermögen, der Lunker. Kurz, das Eisen verliert seine für Giessereizwecke unentbehrlichen Eigenschaften und kann nur noch im geringen Maasse als Zusatzeisen oder für gewisse Kategorien der Fabrikation Verwendung finden. Hier können nun die verschiedenartigsten Beziehungen eintreten, je nachdem der Gehalt an Kohlenstoff und Silicium variirt. Nur wollen wir nochmals betonen, dass bei den hierher gehörigen Eisensorten in Folge ihrer Herstellung stets ein ziemlich constanter Gehalt an Kohlenstoff angenommen werden kann, dass gewöhnlich der Gehalt an Silicium

wechselt, und dass somit die verschiedene Beschaffenheit und Verwendungsfähigkeit von diesem letzteren abhängt.

Wird Giesserei-Roheisen beim Umschmelzen absichtlich plötzlich abgekühlt, so wird dadurch die allmälige Ausscheidung des Kohlenstoffs unter normalen Verhältnissen gestört, es kann sich nicht so viel Kohlenstoff ausscheiden, das Eisen nimmt einen anderen Charakter an. Durch diese Unterbrechung der Kohlenstoff-Ausscheidung bleibt erheblich mehr gebundener Kohlenstoff im Eisen zurück und hierdurch wird dasselbe härter, widerstandsfähiger, aber auch schwieriger zu bearbeiten. Ist der Siliciumgehalt gering, so wird das Eisen in der Nähe der Abkühlungs-Ursache (z. B. einer eisernen Coquille, einer mit Wasser gekühlten Form) unter Umständen ganz weiss erscheinen, wohingegen es in der Mitte des Gussstückes, wo es langsamer erstarrte, Kohlenstoff-Ausscheidungen zeigen wird, die unter Umständen alle Übergänge von dem Gefüge des weissen Eisens durch das melirte in das graue zeigen können. Der Gehalt an Silicium und die Intensität der Abkühlungs-Ursache sind die wesentlichsten Factoren dieser Wirkung. Sie spielen in der Hartgussfabrication die wirksamste Rolle. Eine Theorie der Hartgussfabrication, welche wir auf diesen Grundlagen an anderer Stelle zu geben uns vorbehalten, ist ohne eine scharfe Einsicht in diese Verhältnisse unmöglich.

Nach diesen erschöpfenden Entwickelungen verzichten wir darauf, die beim Umschmelzen des Giesserei-Roheisens eintretenden Erscheinungen ausführlich zu erklären. Wir wollen nur noch bemerken, dass normal erstarrtes Eisen, mithin nicht künstlich abgeschrecktes, überflüssigen Kohlenstoff nicht enthalten kann und desshalb beim Umschmelzen die Gahrschaumbildung in der Regel nicht, oder nur ausnahmsweise zeigt. Es darf nämlich nicht übersehen werden, dass das Silicium beim Umschmelzen — besonders im Flammofen — in einem ungleich grösseren Maassstabe verbrennt, als der Kohlenstoff, und dass mithin eben wegen dieser theilweisen Elimination des Siliciums die Ausscheidungsfähigkeit des umgeschmolzenen Giesserei-Eisens für Kohlenstoff abnimmt. Fälle von Kohlenstoff-Ausscheidung unter den aufgeführten Bedingungen sind uns in unserer reichen Praxis niemals vorgekommen.

Wird das Giesserei-Roheisen bis zu seinem Schmelzpunkt erwärmt, so geht die oft erwähnte Umwandlung des C_β in C_α von Statten; beim Eintreten des Schmelzflusses selbst wird auch das letzte Graphittheilchen — wir kommen hierauf noch unter einer anderen interessanten Beziehung zurück — sofort gebunden und in Folge dieser Bindung allen Kohlenstoffs, des C_β in C_α, kann eine Ausscheidung von Graphit nicht eintreten.

Man wird uns entgegenhalten, dass dennoch Gahrschaumbildung im gewöhnlichen Giessereibetriebe beobachtet sei. Wir wissen dies ganz genau und haben oft genug und widerwillig diese Erscheinung beobachtet. In allen uns bekannt gewordenen Fällen hatte man es entweder mit künstlich abgeschrecktem, mithin über seinem normalen Erstarrungspunkte erstarrtem Eisen zu thun gehabt, welches mithin bei normalem Abschmelzen in Folge der Erniedrigung seines Erstarrungspunktes noch C_β auszuscheiden vermochte, oder aber durch Zumischung eines siliciumreicheren Roheisens ein Schmelzgut hergestellt, welches in Folge dieser Zumischung siliciumreicher wurde und desshalb gleichfalls Kohlenstoff auszuscheiden im Stande war. Im letzteren Falle wird die stets lästige Gahrschaumbildung am Besten verhindert durch Zusatz eines guten weissen, an Silicium möglichst armen Roheisens. Umgekehrt kann man ein solches weisses Roheisen, welches jedoch nicht zu arm an Kohlenstoff sein darf, durch Zusatz eines guten siliciumreichen grauen Roheisens zur Ausscheidung von Kohlenstoff veranlassen. In der Praxis stellt man auf diesem Wege bei besonders vorsichtiger Auswahl der Roheisensorten Producte von ungewöhnlich zäher stahlartiger Beschaffenheit her, die sich aber noch sehr gut bearbeiten lassen. —

Wir erklären ferner auch mit Leichtigkeit, wesshalb bei sorgfältig vorgewärmten Formen, die in der Regel sehr schlechte Wärmeleiter sind — Formsand, Masse, Lehm —, oder aber wenn stark dimensionirte Gussstücke erzeugt werden, die erheblich langsamer erstarren und deren ungleich länger heiss bleibendes Innere auf die äusseren Theile ausgleichend reagirt, das Eisen stets grobkörniger und reicher an Graphit sich ausscheidet und leichter zu bearbeiten ist. Das flüssige Eisen, welches in den getrockneten vorgewärmten Formen nur wenig Wärme durch Ableitung verliert und gegen Verlust durch Wärmestrahlung geschützt ist, erstarrt in denselben nur ganz allmälig und sogar in einer ungleich niederern Temperatur, als in dem nassen Formsande oder gar in gusseisernen Coquillen. Es verweilt mithin länger und bis in niedrigere Temperaturen hinein in dem flüssigen Zustande. Da nun aber sein Bindungsvermögen für Kohlenstoff mit der immer tiefer und tiefer sinkenden Temperatur weiter und weiter abnimmt: so scheidet sich immer reichlicher C_β aus und immer grösser wachsen die in ihrer Bildung nicht gestörten Eisenkrystalle an, die überdies noch der oben erwähnten Thatsache, dass das Eisen um so grobkörniger auskrystallisirt, je ärmer an gebundenem Kohlenstoff es wird und — fügen wir noch hinzu — je langsamer es erstarrt, Rechnung tragen. Das Endresultat muss grobes Korn, weiches Material, geringe Festigkeit sein, wie es auch stets beobachtet wird.

Stark dimensionirte Gussstücke verhalten sich ebenso, und haben wir für dieselben genau dieselbe Erklärung. Bei ihrer Herstellung empfiehlt es sich, gutes weisses Roheisen zuzusetzen. Nur so erhält man weniger grobkörnige, festere Abgüsse.

Vor allen Dingen erklären wir uns aber drei für den praktischen Giessereibetrieb und für die Anwendungsfähigkeit des grauen Roheisens eminent wichtige Eigenschaften durch die entwickelten Beziehungen zwischen Kohlenstoff und Silicium ausserordentlich leicht und durchaus ungezwungen, nämlich das plötzliche Einschmelzen bezw. Flüssigwerden des grauen Giesserei-Eisens bei seinem Umschmelzen im Gegensatze zu dem allmälig eintretenden Dickflusse des halbirten und weissen Frischerei- und Spiegeleisens, das lange Flüssigbleiben des Giesserei-Eisens und auch sein plötzliches Erstarren, wenn seine Temperatur durch Abkühlung in die Nähe seines Erstarrungspunktes gelangt ist.

Wir erinnern hier nochmals daran, dass der Schmelzpunkt einer Eisensorte in erster Reihe eine Function ihres Gehaltes an Kohlenstoff ist. Je beträchtlicher ihr Gehalt an gebundenem Kohlenstoff ist, also an C_α, der allein physikalisch und chemisch wirksam ist, desto niedriger liegt ihr Schmelzpunkt, je geringer, desto höher. Auch der Gehalt an Phosphor und Schwefel, die wir wohl nicht als nothwendige, maassgebende Bestandtheile der Roheisensorten annehmen dürfen, wirken bekanntlich auf den Schmelzpunkt des Eisens ein und zwar in ähnlicher Weise, wie der gebundene Kohlenstoff. Ebenso verhält sich auch das Silicium, letzteres jedoch in einem geringeren Maasse. Der Gehalt an Phosphor spielt unter Umständen sogar eine nicht abzuweisende Rolle, da manche Giesserei-Roheisensorten nicht unbeträchtliche Mengen desselben enthalten. Der Gehalt an Schwefel ist wegen der Herstellungsmethode in der Regel so gering, dass er einen besonders maassgebenden Einfluss auf den Schmelzpunkt nicht ausübt.

Bei dem Überwiegen des Kohlenstoffs in den besseren und besten Roheisensorten wollen wir an dieser Stelle nur die Beziehungen desselben zur Schmelzbarkeit ins Auge fassen. Hierbei müssen wir — so selbstverständlich es ist — zunächst ausdrücklich betonen, dass die Einwirkung des Kohlenstoffs auf das Einschmelzen eines Giesserei-Roheisens, mithin auf die Schmelzbarkeit desselben nur insofern Einfluss hat, als er in dem gebundenen Zustande in ihm enthalten ist. Der ungebundene, in Graphitform auftretende Kohlenstoff wirkt auf den Schmelzpunkt nicht ein, oder, wollen wir schon hier etwas präciser sagen, als solcher nicht auf den Schmelzpunkt ein.

Ein graues siliciumreiches Roheisen, welches in einer verhältnissmässig niedrigen Temperatur erstarrt ist, mithin einen niedrigen Erstar-

rungspunkt besitzt und in Folge dessen eine nur sehr unbedeutende Menge von gebundenem Kohlenstoff enthält, hat eben aus diesem Grunde einen sehr hochliegenden Schmelzpunkt. Unter Umständen kann der Schmelzpunkt desselben um 150—250° höher liegen, als der eines weissen, welches denselben Gesammt-Kohlenstoff wie das graue hat, diesen aber nur als gebundenen, mithin activen Kohlenstoff enthält. Graues Roheisen wird desshalb stets eine hohe Temperatur zum Einschmelzen erfordern und verhältnissmässig schwierig einschmelzen. In Bezug auf seine Schmelzbarkeit können wir es als eine Art kohlenstoffreichen Stahls ansehen, der mit ausgeschiedenem Kohlenstoff verunreinigt ist. Einigermaassen befördert wird sein Einschmelzen durch den Gehalt an Phosphor, Silicium und Schwefel; sie drücken die Einschmelztemperatur sogar erheblich herab, wenn sie in grösserer Menge im Giesserei-Eisen enthalten sind, alteriren damit aber auch sehr ungünstig die hier entwickelten Eigenschaften, die ein gutes Giesserei-Eisen nicht entbehren kann.

Nach dem Vorstehenden ist also bei der Untersuchung über die Temperatur, in welcher die grauen Roheisensorten schmelzen, zunächst nur der gebundene, chemisch allein thätige Kohlenstoff in Rechnung zu ziehen. Nun wissen wir aber, dass der ausgeschiedene Kohlenstoff, der C_β, mit steigender Temperatur und mit wachsender Zeit in Folge der mit der Temperatur wachsenden Affinität des Eisens zum Kohlenstoff in C_α verwandelt, allmälig in denselben übergeführt wird. Hierdurch aber sinkt der Schmelzpunkt des betreffenden Roheisens. Die Umwandlung erfordert besonders so lang viel Zeit, als das Eisen noch nicht flüssig ist; sie verläuft rapide, wenn einmal erst das Eisen geschmolzen ist. In den letzten Momenten jedoch vor dem Einschmelzen, in welchem die Temperatur des Roheisens noch steigt, wird die Umwandlung des C_β in C_α immer rascher verlaufen und da tritt plötzlich ein Moment ein, wo die Feuerung den Hitzegrad des Roheisens noch steigert, sein Schmelzpunkt jedoch in Folge der von Augenblick zu Augenblick schneller verlaufenden Umwandlung des C_β in C_α ganz erheblich sinkt, ja selbst erheblich sinkt unter diejenige Temperatur, welche es einige Zeittheilchen vorher durch die Wärmewirkung des Schmelzofens angenommen hatte.

Denken wir uns die Zunahme der Wärme des Eisens durch die Schmelzhitze als eine aufsteigende Curve, den durch Umwandlung von C_β in C_α sich ständig erniedrigenden Schmelzpunkt des Eisens als eine absteigende Curve, beide aber als eine Function der Zeit; so werden diese Curven, welche bei raschem Gange des Ofens sich fast senkrecht schneiden werden, uns das beste Bild des geschilderten Vorganges geben.

In dem Augenblicke, in welchem nun gar der erste Anfang der Verflüssigung des Eisens eintritt, geht die Umwandlung des gesammten Restes des C_β in C_α fast momentan vor sich und ebenso rapide sinkt der Schmelzpunkt — die zweite Curve nimmt hier eine Knickung, die fast senkrecht nach unten verläuft, an —, ohne dass jedoch gleichzeitig die Temperatur des Roheisens namhaft[1] sinkt. Die in dem Vorstehenden geschilderten Vorgänge haben nun den hohen Grad von Verflüssigung, welche gutes graues, an gebundenem Kohlenstoff armes, graphitreiches Roheisen stets zeigt, zur Folge, und sind auch thatsächlich die alleinige Ursache des so dünnen, fast wassergleichen Flusses des Giesserei-Roheisens. Sein Schmelzpunkt liegt in Folge der Menge ausgeschiedenen Kohlenstoffs, welcher grösstentheils erst nach dem Einschmelzen assimilirt wird, hoch über seinem Erstarrungspunkt. Es kann sich in Folge dessen ganz erheblich abkühlen, bevor es dickflüssig wird oder wiederum erstarrt: es bleibt mithin lange Zeit flüssig. Die Art seiner Zusammensetzung im kalten Zustande ermöglicht eine beträchtliche Überhitzung über den normalen Erstarrungspunkt; es schmilzt hoch ein, hoch über seinem Erstarrungspunkt, und kann somit ohne alle Umstände, ohne jegliche technische Schwierigkeit, nur in Folge seiner Constitution gewissermaassen überhitzt werden.

Allerdings kommt noch hinzu, dass Giesserei-Roheisen stets erheblich mehr Beimengungen enthält, die seinen Erstarrungspunkt erniedrigen, als weisses Eisen. Wie schon oben bemerkt, wirken sämmtliche gewöhnliche Beimengungen, der Phosphor, der Schwefel, das Silicium, dahin, seinen Erstarrungspunkt zu erniedrigen. Das Giesserei-Roheisen bietet desshalb die interessante Erscheinung, dass es in relativ hoher Temperatur, in einer Temperatur, die über den Schmelzpunkt des weissen Eisens erheblich hinausgeht, flüssig wird, aber ungleich tiefer als dieses erst wieder erstarrt. Wir schätzen den Unterschied zwischen seiner Schmelz- und Erstarrungstemperatur bei vorzüglichen Sorten und bei angemessenem Schmelzverfahren bis zu 250° und selbst noch mehr.

Das urplötzliche Eintreten des Dünnflusses des Roheisens bezw. des grauen Roheisens wird um so charakteristischer in die Erscheinung treten, je rascher dasselbe eingeschmolzen wird. In Folge mangelnder Zeit werden sich in diesem Falle nur geringe Mengen von ungebundenem Kohlenstoff in gebundenen verwandeln können: der Schmelzpunkt wird desshalb hoch liegen, eine Folge der Schwerschmelzbarkeit der Eisen-

[1] Wir sagen im Texte absichtlich »namhaft sinkt«. Es wäre nämlich nicht unmöglich, dass die zum Schmelzen des Eisens so plötzlich geforderte Schmelzwärme grösstentheils dem hoch erhitzten Eisen selbst entzogen würde und damit eine wenngleich auch unbedeutende Temperaturerniedrigung desselben einträte.

sorten, welche arm an gebundenem Kohlenstoff sind. Aber einmal eingeschmolzen, wird in Folge der Absorption des Graphits der Flüssigkeitsgrad um so beträchtlicher werden, das Eisen selbst um so länger dünnflüssig bleiben.

Umgekehrt ist vorauszusehen, dass bei schlechten Betriebseinrichtungen, die ein nur ganz allmäliges Erhitzen des grauen Eisens gestatten, dieses wohl niemals den Grad von Dünnfluss erreichen wird, wie unter den soeben geschilderten Voraussetzungen. Die Umwandlung des ungebundenen Kohlenstoffs in gebundenen wird viel weiter vorgeschritten sein und das Eisen desshalb in niederer Temperatur einschmelzen; aber es wird in Folge der geringeren Temperatur weniger dünnflüssig sein, rascher dickflüssig werden und sich desshalb nur schlecht ausgiessen lassen.

Dasselbe gilt von Roheisensorten, welche arm an Silicium sind, relativ viel gebundenen, wenig freien Kohlenstoff enthalten.

Wir begnügen uns mit diesen Andeutungen. Sie genügen, um die mancherlei Erscheinungen des Giessereibetriebes vollständig zu erklären.

Generell haben wir den Nachweis geführt, dass der Schmelzpunkt des grauen Eisens zufolge der Zusammensetzung des letzteren erheblich über dem Erstarrungspunkte liegt, wohingegen der Schmelzpunkt und Erstarrungspunkt des weissen Eisens nahe zusammenfallen. Allerdings kann man weisses Eisen nachträglich noch über seinen Schmelzpunkt erhitzen und dadurch leichtflüssiger machen. Das hat aber in dem Cupolo-Ofen insbesondere seine grossen Schwierigkeiten, die des Genaueren zu entwickeln hier die Stelle nicht ist.

Das Giesserei-Roheisen erstarrt bekanntlich in der Nähe seines Erstarrungspunktes viel rascher als das weisse Roheisen, welches länger als jenes in dem eigenthümlichen Zwischenstadium zwischen fest und flüssig, dem teigigen Zustande, den so viele Körper bei ihrem Übergange von dem flüssigen in den festen Aggregatzustand oder umgekehrt zeigen, verharrt. Diese Erscheinung hängt mit der rapiden Ausscheidung des Kohlenstoffs in Folge der Temperatur-Abnahme des Eisens und seiner damit schwindenden Affinität für den letzteren und der damit in demselben Maasse wachsenden Schwerschmelzbarkeit, die sich in wenigen Momenten um einige Hundert Grad erhebt und desshalb Starre zur Folge hat, zusammen. Wir haben die Umkehrung des oben geschilderten Processes der Verflüssigung. —

Die Doppelrolle, welche der Kohlenstoff im Roheisen, beziehungsweise auch in den übrigen Eisensorten spielt, lässt uns noch die Frage aufwerfen, wie wir uns diese verschiedenartigen Modificationen von einem chemischen Gesichtspunkte aus zu denken haben?

Über den C_β, beziehungsweise den Graphit, ist in dieser Hinsicht nicht viel zu sagen, so bedeutungsvoll auch seine Rolle ist.

Anders jedoch liegt die Sache bei dem gebundenen Kohlenstoff, der auch wohl, wenngleich nach unserer Meinung höchst uneigentlich, amorpher Kohlenstoff genannt wird. Unsere Untersuchungen über die Art seiner physikalischen und chemischen Wirksamkeit haben uns zu der Ansicht geführt, dass wir uns sein Wesen und seine Wirksamkeit am Besten erklären können, wenn wir annehmen, dass er in der Modification des Kohlenstoffs in dem Eisen auftrete, welche wir als die des Diamanten wissenschaftlich bezeichnen.

Aus dieser Annahme erklären wir eine ganze Reihe von Eigenschaften der verschiedenen Eisensorten, von denen wir hier nur einige des Näheren erläutern wollen.

Zunächst erklären wir die mit dem zunehmenden Gehalte des Eisens an gebundenem Kohlenstoff zunehmende Härte desselben sehr leicht, wenn wir annehmen, dass der die chemischen und physikalischen Eigenschaften aller Eisensorten überwiegend bedingende C_α als Diamant in ihnen enthalten, beziehungsweise als solcher mit dem Eisen verbunden sei. Der Diamant ist der härteste aller Körper. Tritt der Kohlenstoff als solcher in dem Eisen auf, so ist es selbstverständlich, dass mit zunehmendem Gehalte an ihm die Härte des Eisens wachsen, mit abnehmendem jedoch seine Härte abnehmen muss. Das weiche Frisch- und Flusseisen, das weiche graue Guss- beziehungsweise Roheisen mit seinem geringen Gehalte an C_α, der härtere Stahl mit seinem grösseren Gehalte an C_α, das weisse Roh-, beziehungsweise das Spiegeleisen mit ihren hohen Gehalten an C_α und ihrer Glashärte und zunehmenden Sprödigkeit passen ganz vorzüglich in diese Annahme hinein. Wir kennen hier keine Ausnahme. Nach dieser Annahme erklärt sich leicht die Härtungsfähigkeit des Stahls, nach ihr die Thatsache, dass eine Roheisensorte bei einem bestimmten Gehalte an C_α durch Abschrecken eine grössere Härte nicht mehr annimmt. Wie die Diamanten, welche in winziger Grösse in die mächtigen Bohrer der neueren Gesteinsbohrmaschinen eingesetzt, den härtesten Stein bewältigen, so fassen wir den gebundenen Kohlenstoff als Diamanten in dem schneidenden Stahlwerkzeug auf und erklären uns aus demselben Gesichtspunkte seine Schneidefähigkeit. Begünstigt wird diese Wirksamkeit noch dadurch, dass Eisen und Diamant in denselben Formen krystallisiren. Wir verzichten an dieser Stelle auf eine weitere Ausführung dieser Beziehungen.

Auch die fernere Thatsache, dass durch irgend welche Ursachen der aus dem Eisen ausscheidende Kohlenstoff die Form des Graphits annimmt, spricht für die hier entwickelte Annahme, da der Diamant

bekanntlich sich gleichfalls in Graphit verwandelt, wenn er durch längere Zeit der hier maassgebenden Temperatur ausgesetzt wird.

Vortrefflich erklären wir durch diese Annahme die Verschiedenheiten in dem specifischen Gewichte des grauen und weissen Roheisens, überhaupt der verschiedenen praktisch gebräuchlichen Eisensorten je nach ihrem Gehalte an gebundenem oder ungebundenem Kohlenstoff. Nehmen wir das specifische Gewicht des

Diamanten	=	3.6
Graphits	=	2.2
Eisens	=	8.0
Siliciums	=	2.5

so erhalten wir z. B. das specifische Gewicht eines weissen Roheisens, welches im Hundert etwa aus:

Eisen	96.0
C_α	3.5
Si	0.5
	100.0

besteht, zu

$$\frac{100}{\frac{96}{8}+\frac{3.5}{3.5}+\frac{0.5}{2.5}} = 7.42,$$

dahingegen des eines grauen Eisens, welches nach gleicher Analogie im Hundert aus:

Eisen	94.0
C_α	3.0
C_β	0.5
Si	2.5
	100.0

besteht, zu

$$\frac{100}{\frac{94}{8}+\frac{3.0}{2.2}+\frac{0.5}{3.5}+\frac{2.5}{2.5}} = 7.01.$$

Diese Zahlen stimmen durchaus mit den wirklich ermittelten specifischen Gewichten analog zusammengesetzter Eisensorten überein; insbesondere aber machen wir auf die berechnete Differenz der specifischen Gewichte der beiden Roheisensorten aufmerksam, die, 0.41 Einheiten betragend, sehr gut mit den wirklich beobachteten Thatsachen stimmt.

Ebenso vorzüglich erklärt sich aus der in Rede stehenden Annahme der so überaus geringe Schwindungscoefficient, das so vollkommene

Ausprägen der Formen und die Leichtigkeit, mit welcher dichte Güsse bei einiger Sorgfalt mittelst des Giesserei-Eisens hergestellt werden können, wenn man letzteres nur nicht gar zu sehr überhitzt in die Formen giesst.

Nach dem früher Entwickelten dürfen wir wohl annehmen, dass entweder erst kurz vor dem Erstarren — bei kohlenstoff- und siliciumreichen Roheisensorten — oder während des Erstarrens der grösste Theil des C_β sich ausscheidet. Mit vollem Rechte können wir desshalb sagen, auch das graue Roheisen ist im geschmolzenen Zustande als weisses anzusehen und wird erst bei der Abkühlung durch die Erstarrungsphänomene unter den bekannten Einwirkungen graues.

Nun besitzt aber nach den soeben benutzten Formeln das weisse Eisen ein ungleich grösseres specifisches Gewicht, als das graue; die Volumina der Körper verhalten sich jedoch im umgekehrten Verhältnisse wie ihre specifischen Gewichte. Tritt jene Umwandlung des C_α in C_β ein, sinkt damit das specifische Gewicht einer ganz bestimmten Menge Kohlenstoff von 3.5 auf 2.2: so verwandelt sich nicht allein das vorher flüssige weisse in erstarrtes graues, sondern es findet auch mit dieser Umbildung der einen Eisenart in die andere eine Volumsvermehrung statt, welche von dem specifischen Gewichte und der Menge des umgebildeten Kohlenstoffs abhängig ist. In Folge dieser Volumsvermehrung aber dringt das Eisen im Momente der Erstarrung, in welchem es noch eine gewisse Beweglichkeit besitzt, gegen die Wände der es einschliessenden Form vor, presst sich in die feinsten Details derselben und giebt so Veranlassung zu den präcisen, scharfen Güssen, zu der Vollendung der Abgüsse, die kein anderes Material in dem Maasse leicht zu erreichen gestattet, wie gutes Giesserei-Eisen. Das Eisen wächst gewisser Maassen innerhalb der Form in die Form hinein. Ebenso wenig können sich Poren und Blasen bilden, wenn man die bei jedem Gusse zu beachtenden Vorsichtsmaassregeln nicht versäumt.

Gutes Giesserei-Eisen darf desshalb auch das Lunken nicht zeigen, eine Erscheinung, die bei dem weissen Roheisen, den Stahlsorten und allen anderen Metallen und deren Legirungen stets auftritt, wie auch bei den an Kohlenstoff und Silicium armen grauen Roheisensorten oder Giesserei-Eisen, welches wiederholt umgeschmolzen wurde und desshalb seinen Gehalt an Silicium grösstentheils eingebüsst, auch an Kohlenstoff (und, setzen wir hinzu, an Mangan) verloren und damit die chemische Grundlage und Bedingung der Graphit-Ausscheidung eingebüsst hatte.

Das graue Roheisen steht mit diesen Eigenschaften vollständig isolirt unter den Metallen da, und verdankt ihnen seine vorzügliche Anwendungsfähigkeit.

Dass ein Material, welches beträchtliche Graphitmengen auszuscheiden vermag und desshalb nach unserer Erklärung bei der Erstarrung zunächst wächst und dann wiederum schwindet, in einem erheblich geringeren Maasse sich zusammenziehen muss, als alle anderen Metalle bezw. Legirungen, bei welchen dieselben oder ähnliche Ausscheidungen, die noch überdies mit einer Umwandlung der raumerfüllenden Eigenschaften des Ausgeschiedenen verknüpft sind, nicht statthaben kann, bedarf wohl keiner weiteren Entwickelung.

Zuletzt möchten wir auch noch den Versuch machen, das so viel umstrittene Schwimmen des festen Giesserei-Eisens auf geschmolzenem Eisen von derselben Zusammensetzung zu erklären. Andere Metalle, z. B. Zink, Zinn, Kupfer, zeigen diese Eigenthümlichkeit nicht, ebenso wenig Stahl und weisses Roheisen. Es ist eine, soviel uns bekannt, nur dem grauen Roheisen zukommende Erscheinung.

Nach unserer Annahme über den Elementarzustand der beiden in dem erstarrten grauen Roheisen auftretenden Modificationen des Kohlenstoffs und über seine veränderte Zusammensetzung im flüssigen Zustande muss ersteres auf letzterem schwimmen, weil dieses den Kohlenstoff allein in der Modification des Diamanten enthält, mithin specifisch schwerer ist, wie jenes. Berechnen wir das zweite der oben aufgestellten Beispiele unter der Annahme, dass die ganze Menge des Kohlenstoffs (3.5 Procent) mit dem specifischen Gewichte des Diamanten, also mit dem specifischen Gewichte 3.5 in dem geschmolzenen Roheisen enthalten sei; so ergiebt die Rechnung das specifische Gewicht des letzteren zu 7.27, denn

$$\frac{100}{\frac{94}{8}+\frac{3.5}{3.5}+\frac{2.5}{2.5}} = 7.27.$$

Das erstarrte Giesserei-Eisen ist mithin um 0.26 Einheiten — wir abstrahiren hier von der kleinen Abweichung, welche dadurch entsteht, dass das flüssige und feste Eisen nicht genau dieselbe Temperatur haben — leichter als das geschmolzene von derselben Zusammensetzung unter Berücksichtigung der verschiedenartigen Modificationen des Kohlenstoffs: das Schwimmen des festen Eisens auf dem flüssigen ist hiernach eine physikalische Nothwendigkeit.

Die vorstehende Erklärung scheint uns die ungezwungenste für das bis jetzt ziemlich räthselhafte Phänomen zu sein. Wir versuchen desshalb auch nicht, die allseitig bekannten, sämmtlich mehr oder minder geschraubten Erklärungen für dasselbe zu widerlegen.

BIBLIOTHECA REGIA MONACENSIS

J. Grube

Bayerische StaatsBibliothek
Münchener DigitalisierungsZentrum Digitale Bibliothek

Festschrift der Königlichen Technischen Hochschule zu Berlin zur Feier der Einweihung ihres neuen Gebäudes am 2. November 1884

Berlin 1884

2 Techn. 5 lo
urn:nbn:de:bvb:12-bsb11465318-1